



Костромской  
государственный  
университет

ISSN 2587-6147

16+



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

1(47)

2020



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
(до 2016 года «Вестник  
Костромского государственного  
технологического университета»)

Издается с 1999 года

**2020**

**№ 1(47)**

**МАЙ**

# TECHNOLOGIES & QUALITY

SCHOLARLY JOURNAL  
(up to 2016 “Bulletin  
of the Kostroma State  
Technological University”)

Appears since 1999

**2020**

**№ 1(47)**

**MAY**

**Реферируемое издание ВИНТИ Российской академии наук**

**Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) с 2011 года**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:****Главный редактор**

ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ РУДОВСКИЙ  
доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**Ответственный редактор**

СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА СМИРНОВА  
кандидат технических наук, доцент,  
Костромской государственной университет

НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ БЕСЧАСТНОВ  
доктор искусствоведения, профессор, Российский  
государственный университет им. А. Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)

**СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНИН**

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**АРТЕМ РУФИМОВИЧ ДЕНИСОВ**

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ ЖУКОВ**

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**ЛЮДМИЛА ЮРЬЕВНА КИПРИНА**

кандидат технических наук, доцент,  
Костромской государственной университет

**МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ КИСЕЛЕВ**

доктор технических наук, доцент,  
Костромской государственной университет

**ЖАННА ЮРЬЕВНА КОЙТОВА**

доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургская государственная  
художественно-промышленная академия  
им. А. Л. Штиглица

**МИХАИЛ ОЛЕГОВИЧ КОЛБАНЕВ**

доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет

**АНДРЕЙ РОСТИСЛАВОВИЧ КОРАБЕЛЬНИКОВ**

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ МАТРОХИН**

доктор технических наук, профессор,  
Ивановский государственный политехнический университет

**СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ПАЛОЧКИН**

доктор технических наук, профессор, Московский  
государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

**НАДЕЖДА АНАТОЛЬЕВНА СМИРНОВА**

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**ГАЛИНА ГЕОРГИЕВНА СОКОВА**

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**БОРИС АЛЕКСАНДРОВИЧ СТАРОВОРОВ**

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

**ВЕЙЛИН СЮ**

профессор, Уханьский текстильный университет (КНР)

**EDITORIAL BOARD STAFF:****Editor-in-chief**

PAVEL NIKOLAEVICH RUDOVSKY  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**Executive Secretary**

SVETLANA GENNADIEVNA SMIRNOVA  
Candidate of Technical Sciences, Docent,  
Kostroma State University

**NIKOLAY PETROVICH BESCHASTNOV**

Doctor of the Science of Art, Professor,  
Kosygin Russian State University  
(Technologies. Design. Art)

**SERGEY ILICH GALANIN**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**ARTEM RUFIMOVICH DENISOV**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**VLADIMIR IVANOVICH ZHUKOV**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**LYUDMILA YURYEVNA KIPRINA**

Candidate of Technical Sciences, Docent,  
Kostroma State University

**MIKHAIL VLADIMIROVICH KISELEV**

Doctor of Technical Sciences, Docent,  
Kostroma State University

**ZHANNA YURYEVNA KOYTOVA**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint Petersburg State  
Academy of Art and Design  
named after A. L. Stieglitz

**MIKHAIL OLEGOVICH KOLBANEV**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint Petersburg State  
University of Economics

**ANDREY ROSTISLAVOVICH KORABELNIKOV**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**ALEKSEY YURYEVICH MATROHIN**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Ivanovo State Polytechnic University

**SERGEY VLADIMIROVICH PALOCHKIN**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Bauman Moscow State Technical University

**NADEZHDA ANATOLEVNA SMIRNOVA**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**GALINA GEORGIYEVNA SOKOVA**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**BORIS ALEKSANDROVICH STAROVEROV**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

**WEILIN XU**

Professor, Wuhan Textile University (China)

# ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-3-6

05.19.02 Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья  
УДК 677.11.051

**Мочалов Леонид Валентинович**

кандидат технических наук, г. Кострома, Россия

**Дроздов Владимир Георгиевич**

кандидат технических наук, доцент

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

mochalov-leo@mail.ru, vladimir.droz dov.45@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ДЛИННОГО ВОЛОКНА

*В данной статье рассмотрены машины для производства льноволокна как объекты автоматического управления. Рассмотрены варианты управления сушильной машиной путем регулирования количества подводимого тепла, интенсивности замены отработавшего сушильного агента свежим, изменения скорости сушильного агента в сушильном пространстве, изменения скорости перемещения материала в сушильном пространстве. Показано, что наиболее рациональным способом регулирования влажности льнотресты является способ, использующий замкнутую систему управления с отрицательной обратной связью. Разработана структурная схема системы автоматического регулирования процесса сушки, которая через исполнительное устройство воздействует на объект управления, в данном случае сушильную машину, стремясь уменьшить величину отклонения по влажности в зависимости от величины и знака отклонения.*

**Ключевые слова:** *мяльно-трепальный агрегат, сушильная машина, регулирование режима сушки, автоматическое регулирование, система с обратной связью, удаление влаги, возмущающие воздействия, производство длинного льноволокна.*

Для создания системы автоматического управления оборудования для производства льноволокна необходимо проанализировать входные и выходные воздействия на систему, возмущающие воздействия и параметры внутренних состояний объектов управления.

Сушильные машины предназначены для сушки льнотресты естественной вылежки в полевых условиях и промышленных методов приготовления и рассчитаны на использование их перед мяльно-трепальным агрегатом (МТА). Агрегат предназначен для обработки льняной тресты и получения льноволокна. МТА реализует технологический процесс, связанный с производством длинного волокна.

Сушка – это способ удаления влаги из льнотресты с использованием тепловых и диффузионных процессов. В них влага материала передается сушильному агенту и вместе с ним удаляется из рабочей зоны.

Влажный материал можно представить состоящим из абсолютно сухой массы и некоторого количества влаги:

$$G = G_c + G_{ж}. \quad (1)$$

В сушильных машинах используется два понятия влажности материала: относительная влажность и абсолютная влажность.

Относительная влажность (%) материала показывает отношение массы (веса) влаги к массе (весу) влажного материала:

$$W_0 = \frac{G_{ж}}{G} 100.$$

Абсолютная влажность показывает отношение массы влаги к абсолютно сухой массе материала и выражается в процентах или кг/кг сухого материала. Абсолютную влажность (%) обозначим влажностью материала:

$$W_0 = \frac{G_{\text{ж}}}{G_{\text{с}}} 100, \quad (2)$$

а абсолютная влажность (кг/кг) называется влажностью материала:

$$u = \frac{G_{\text{ж}}}{G_{\text{с}}} = \frac{W}{100}.$$

Абсолютная и относительная влажность материала связаны между собой следующими отношениями [1]:

$$\begin{aligned} W_0 &= \frac{100W}{100 + W}; \\ W &= \frac{100W_0}{100 - W_0}. \end{aligned} \quad (3)$$

Для анализа процесса сушки необходимо составить уравнение теплового баланса. Приход тепла в сушильную машину складывается из тепла наружного воздуха  $L_0 I_0$ , тепла, передаваемого воздуху калорифером,  $Q_{\text{к}}$ , а также дополнительной поверхностью нагрева  $Q_{\text{д}}$ , и тепла, поступающего с влагой материала,  $W_{\text{вл}} \square_1$ . Из сушильной машины тепло выносится с уходящим воздухом  $L_{\text{вх}} I_2$ , с выходящим материалом  $Q_3$ , с транспортными приспособлениями  $Q_4$  и теряется через ограждения машины  $Q_5$ . При установившемся процессе сушке количество тепла, приходящее в сушильную машину, равно количеству тепла, уходящему из нее, т. е. уравнение теплового баланса будет иметь вид (при  $L_0 = L_{\text{вх}} = L$ ) [1]:

$$\begin{aligned} L_0 I_0 + Q_{\text{к}} + Q_{\text{д}} + W_{\text{вл}} \square_1 &= \\ = L_{\text{вх}} I_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $L_0, L_{\text{вх}}$  – количество сухого входящего наружного и уходящего обработанного воздуха;

$L$  – количество циркулирующего сухого воздуха в сушильной машине;

$I_0, I_2$  – теплосодержание воздуха до калорифера и после его.

Это основная формула для определения расхода тепла калорифером сушильной машины и расчета системы автоматического управления процессом сушки.

Определенный интерес представляет регулирование режима сушки. Режим сушки можно регулировать четырьмя способами:

- 1) изменяя количество подводимого тепла;
- 2) интенсивностью замены обработанного сушильного агента свежим;

- 3) изменяя скорость сушильного агента в сушильном пространстве;

- 4) изменяя скорость перемещения материала в сушильном пространстве.

Регулирование режима сушки по первому способу может быть качественным и количественным. Качественное регулирование целесообразно проводить, изменяя температуру сушильного агента за счет уменьшения или увеличения расхода пара, подаваемого на калориферы. В случае использования топочных газов температуру снижают, добавляя холодный воздух. Такой способ обеспечивает наиболее эффективное воздействие на ход процесса, так как непосредственно изменяет температуру и относительную влажность сушильного агента. Количественное регулирование можно проводить, изменяя количество сушильного агента, поступающего в сушильное пространство. Такой вид регулирования экономически невыгоден и приводит к изменению скорости обтекания материала воздухом внутри сушильной машины.

При втором способе производительность вытяжных вентиляторов регулируют за счет изменения угла поворота заслонок в соответствующих воздуховодах. Подобное воздействие на производительность вытяжных установок практически не влияет на параметры сушильного агента в сушильном пространстве. Поэтому второй способ малоэффективен.

Регулирование режима третьим способом обычно не применяется.

Способ регулирования изменением скорости перемещения материала в сушильном пространстве (четвертый способ) оптимален для сушильных машин непрерывного действия. При этом способе регулируется количество испаряемой из материала влаги за счет увеличения (или уменьшения) времени сушки [1].

Скорость транспортера определяют по числу оборотов ведущего вала транспортера на стороне выгрузки материала (тахометром) или измеряя линейную скорость движения слоя льнотресты.

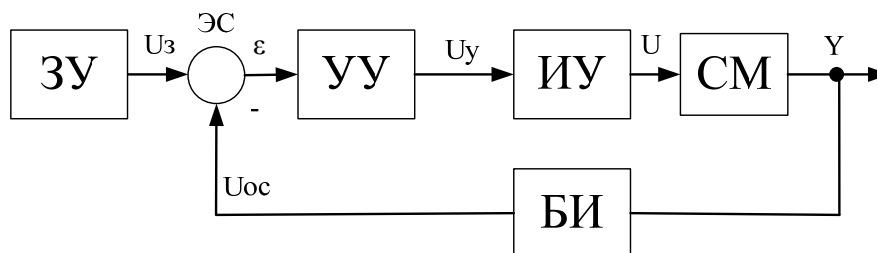
Автоматическое регулирование сушильной машины можно реализовать, используя несколько принципов управления: построения разомкнутой системы, системы с обратной связью, применения комбинированной системы [2].

Для данного объекта управления наиболее целесообразно использование системы управления с отрицательной обратной связью. Предлагаемая нами система управления представлена на рис. 1.

Автоматическое регулирование сушильной машины осуществляется следующим обра-

зом. Задающее устройство (ЗУ) подает параметры задания на вход системы. В сушильной машине происходит процесс сушки льнотресты, которая затем поступает в блок измерения (БИ).

Прибор измеряет относительную влажность исследуемого образца. Управляющая величина измеряется в БИ и сравнивается с заданным значением.



**Рис. 1. Структурная схема системы автоматического регулирования процесса сушки:**

ЗУ – задающее устройство; ЭС – элемент сравнения;

УУ – управляющее устройство; ИУ – исполняющее устройство;

СМ – сушильная машина; БИ – блок измерений;

$U_z$  – задающее воздействие;  $\varepsilon$  – отклонение относительной влажности от заданного значения

$U_{oc}$  – сигнал обратной связи;  $U_y$  – выходной сигнал управляющего устройства;

$U$  – управляющее воздействие;  $Y$  – выходной сигнал

В зависимости от величины и знака отклонения  $\varepsilon$  управляющее устройство (УУ) через исполнительное устройство (ИУ) воздействует на объект управления, в данном случае на сушильную машину (СМ), стремясь уменьшить величину отклонения по влажности.

При разработке системы автоматического управления в следующем по технологии МТА должны быть определены входные, выходные и возмущающие параметры, а также установлены функциональные зависимости, обеспечивающие взаимосвязь между ними.

На рис. 2 представлена модель МТА как объекта управления.

Параметры объекта МТА, которые подлежат изменению или стабилизации, называются регулируемыми или выходными параметрами. В нашем случае – это выход длинного волокна, содержание костры в трепаном волокне и доля недоработанных прядей.

Параметры объекта, изменение которых приводит к изменениям выходных параметров, делятся на два типа: входные воздействия и возмущения. При этом объект управления – это преобразователь переменных входа в переменные выхода.

Входные воздействия можно производить целенаправленно, а факторы внешней среды, изменяющиеся случайным образом, являются возмущающими воздействиями. Таким образом, изменяющиеся возмущающие воздействия (структурные параметры слоя, отделяемость тресты, ее влажность и т. п.) приводят к на-

рушениям оптимальных режимов работы агрегата.

Система автоматического управления МТА должна решать оптимизационную задачу по обеспечению экстремальных значений выходных величин (максимального значения выхода длинного волокна, минимального значения содержания костры и доли недоработки).

Качество работы МТА зависит также от свойств сырья, поступающего на обработку, и от внутренних настроек агрегата. При этом настройки системы автоматического управления МТА могут быть разделены на два вида: параметры настройки (входные), значения которых можно менять в ходе работы, и внутренние параметры, изменение значений которых требует остановки агрегата.

Построение системы автоматического управления для МТА целесообразно организовать по принципу компенсации возмущения [3].

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрено оборудование для производства льноволокна, принципы управления этим оборудованием. Наиболее рациональным для сушильной машины является использование замкнутой системы управления с отрицательной обратной связью. Способ регулирования режима сушки, изменяя скорость перемещения материала в сушильном пространстве, следует считать наиболее целесообразным.

2. Для мяльно-трепального агрегата как объекта автоматического управления рациональным является применение принципа компенсации возмущений.

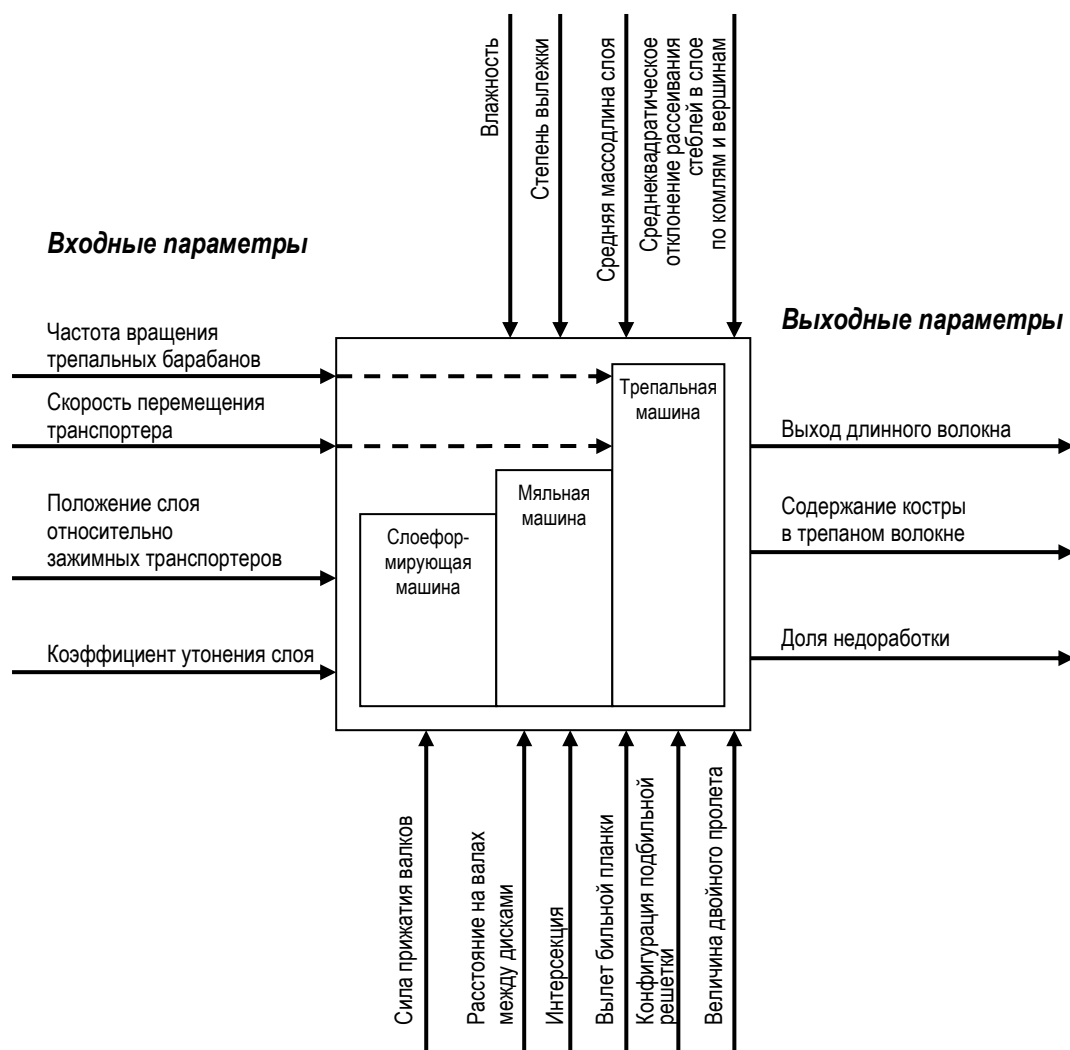


Рис. 2. Модель МТА как объекта управления

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозов С. В. Сушка лубоволокнистых материалов : учебник для средних специальных заведений. – М. : Легкая индустрия, 1974. – 160 с.
2. Автоматизация производства льняного волокна : учебное пособие / И. П. Байков, В. Г. Дроздов и др. ; под общ. ред. Б. А. Староверова. – 2-е изд., испр. и доп. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2008. – 212 с.
3. Мочалов Л. В., Дроздов В. Г., Коновалов В. В. Обоснование принципа управления мяльно-трепальным агрегатом // Технологии и качество. – 2018. – № 2(40). – С. 39–42.

## REFERENCES

1. Morozov S. V. Sushka lubovoloknistykh materialov : uchebnyk dlya srednih special'nykh zavedenij. – M. : Legkaya industriya, 1974. – 160 s.
2. Avtomatizatsiya proizvodstva l'nyanogo volokna : uchebnoye posobie / I. P. Bajkov, V. G. Drozdov i dr. ; pod obshch. red. B. A. Staroverova. – 2-e izd., ispr. i dop. – Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2008. – 212 s.
3. Mochalov L. V., Drozdov V. G., Konovalov V. V. Obosnovanie principa upravleniya myal'no-trepal'nym agregatom // Tekhnologii i kachestvo. – 2018. – N 2(40) – S. 39–42.

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-7-11

05.19.02 Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья  
УДК 677.86.5

**Букина Светлана Васильевна**

кандидат технических наук, доцент

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

**Громова Екатерина Ивановна**

кандидат технических наук, доцент

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

tmbbukina@yandex.ru, gromovaei@rambler.ru

## УЧЕТ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ КОНТАКТА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДЕМПФИРОВАНИЯ В ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Сделана попытка определения механических свойств статического контакта, исследуя его в динамическом отношении посредством тангенциальных напряжений и деформаций, что является, по мнению авторов, наиболее целесообразным, так как тангенциальные напряжения и деформации являются результатом комплекса процессов, протекающих на контакте, и они зависят от нагрузки, температуры контакта, фактической площади контакта, а также от механических свойств поверхностных слоев фрикционной пары и т. д. Учет вязкоупругих свойств контакта позволяет повысить точность моделирования процессов потерь энергии в контакте текстильных материалов и внутри текстильных структур, таких как ткани тела намотки и др. Предложенный подход будет интересен специалистам в области машиностроения и текстильных технологий.*

**Ключевые слова:** механический контакт, уравнение Максвелла, тангенциальное напряжение, тангенциальная деформация, демпфирование, диссипативные свойства, текстильные материалы.

Трендом современного машиностроения являются повышенные требования к производительности создаваемых машин, а также к качеству выпускаемой продукции. Он сопровождается увеличением мощности и быстроходности машин при одновременном уменьшении их массы, что ведет к росту динамической нагруженности, влиянию колебаний на их работу. Поэтому все большую роль при проектировании технологического оборудования приобретает требование повышения жесткости конструкций и их виброустойчивости.

Для проведения расчетов на виброустойчивость необходимы знания диссипативных свойств элементов машин и обрабатываемого сырья. Знание диссипативных свойств позволяет разрабатывать конструктивные мероприятия по изменению собственных частот элементов конструкции в требуемую сторону.

Методы расчета диссипативных свойств некоторых элементов конструкции рассмотрены в следующих работах: муфт [1], приводных цепей [2, 3], упругих элементов [4]. В работах [5–9] приведены результаты исследования диссипативных свойств текстильных паковок, которые можно рассматривать как часть упругой системы мотального механизма. В работах [10–13] рассматривается проблема рассеивания энергии

в ткани, расположенной в контакте двух твердых тел.

Проблема демпфирования колебаний в узлах машин различного отраслевого назначения остается актуальной и сегодня. В частности, современные текстильные машины и их узлы следует рассматривать как колебательные системы, находящиеся во взаимодействии с технологической нагрузкой. Производительность и качество продукции этих машин во многом определяются работой их мотальных механизмов, совершенствование конструкций которых немислимо без глубоких исследований протекающих в них динамических процессов.

При построении математических моделей в указанных выше работах принималась модель трения в контакте, подчиняющаяся закону Кулона – Амонтона, т. е. модель сухого трения. Такую модель можно принять только в первом приближении.

Поэтому теоретические исследования упруго-вязкого контакта и получение на основе этих исследований новых знаний о технологических процессах текстильного производства являются актуальными и могут быть использованы для решения задач оптимизации. Механические свойства фрикционного контакта отличаются от механических свойств сплошных масс материалов, так как поверхности тел всегда покрыты пленками посторонних веществ.



Эти пленки под действием молекулярных силовых полей прочно удерживаются на поверхности и приобретают квазикристаллическое строение [14, 15]. Таким образом, касание двух тел происходит не самими телами, а пленками посторонних веществ. Кроме того, поверхностный слой тела имеет структуру, отличную от структуры основной массы материала. Это особенно характерно для контактов волокнистых материалов природного происхождения, которые имеют на поверхности слои восковых или пектиновых веществ.

Для исследования механических свойств контакта, который мы будем рассматривать как материальную систему, воспользуемся общими закономерностями, характеризующими тела под действием нагрузок [16]. С этой целью используем дифференциальное уравнение Максвелла, связывающее деформации и напряжения упруго-вязких тел:

$$\dot{\tau} + \alpha\tau = \xi\dot{\varepsilon} + \gamma\varepsilon, \quad (1)$$

где  $\tau$  – тангенциальное напряжение на контакте или удельная сила трения;

$\varepsilon$  – относительная тангенциальная деформация;

$\dot{\tau}, \dot{\varepsilon}$  – соответствующие производные по времени;

$\alpha, \xi$  и  $\gamma$  – реологические параметры, характеризующие механические свойства контакта.

Контакт – это материальная система, описываемая в трех измерениях. В данной постановке задачи уравнение (1) не является уравнением плоской задачи, так как по нему определяют реологические параметры  $\alpha, \xi$  и  $\gamma$ , характеризующие механические свойства контакта, в то время как тангенциальное напряжение и тангенциальная деформация зависят не только от сдвигающей силы, но и от нормального давления и нормальной деформации на контакте.

Чтобы решить уравнение (1), удовлетворим требованиям теории трения функцией

$$\varepsilon = \chi_1 + \chi_2 e^{-\omega t}, \quad (2)$$

где  $\chi_1, \chi_2$  и  $\omega$  – параметры, характеризующие механические свойства контакта;

$t$  – продолжительность неподвижного контактирования двух тел.

Параметры  $\chi_1, \chi_2$  и  $\omega$  уравнения (2) определим исходя из того, что при неограниченном возрастании времени контактирования двух тел относительная деформация на контакте оста-

нется ограниченной и равна  $\varepsilon_\infty$  (рис. 1). Если принять, что  $t = 0$  и  $\varepsilon = \varepsilon_0$ , будем иметь:  $\chi_1 = \varepsilon_\infty, \chi_2 = \varepsilon_0 - \varepsilon_\infty$ .

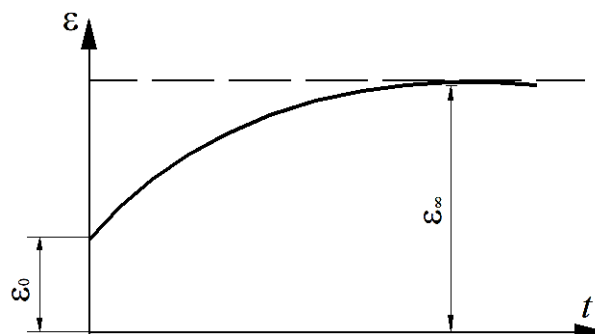


Рис. 1. Относительная деформация на контакте

Следовательно,  $\varepsilon = \varepsilon_\infty - (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0)e^{-\omega t}$ .

Параметр  $\omega$  легко определим по уравнению

$$\omega = \frac{1}{t} \ln \frac{\varepsilon_\infty - \varepsilon_0}{\varepsilon_\infty - \varepsilon}.$$

Решая совместно уравнения (1) и (2), получим зависимость силы трения от продолжительности неподвижного контакта (рис. 2):

$$\tau = \tau_0 e^{-\alpha t} + \frac{\gamma}{\alpha} \varepsilon_\infty (1 - e^{-\alpha t}) + \frac{(\xi_\omega - \gamma)(\varepsilon_\infty - \varepsilon_0)}{\alpha - \omega} (e^{-\omega t} - e^{\alpha t}), \quad (3)$$

где  $\tau_0$  – удельная сила трения при мгновенном контактировании тел.

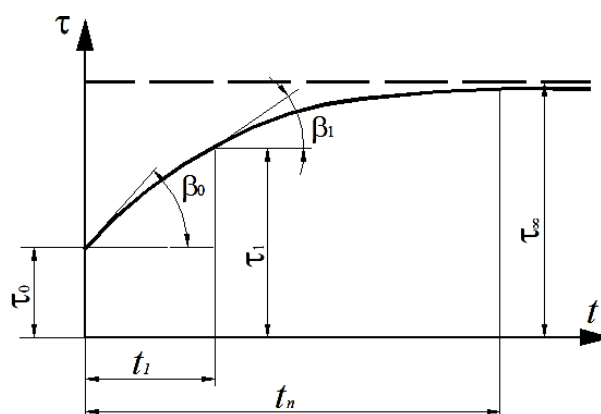


Рис. 2. Зависимость силы трения от продолжительности неподвижного контакта

Полученное решение объясняет природу изменения коэффициента трения при переходе от покоя к движению.

Из (3) легко определить параметры  $\alpha$ ,  $\xi$  и  $\gamma$ . Имея экспериментальные кривые (см. рис. 1, 2) и принимая, что

$$t = t_n \begin{cases} \tau = \tau_\infty; \\ \dot{\tau} = 0 \end{cases}$$

и  $t = t_1 \begin{cases} \tau = \tau_1; \\ \dot{\tau} = \dot{\tau}_1, \end{cases}$

согласно функции (3) получим систему трех алгебраических уравнений:

$$\tau_0 \alpha - \varepsilon_0 \gamma - \xi_\omega (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) = -\dot{\tau}_0;$$

$$\tau_\infty \alpha - [\varepsilon_\infty - (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) e^{-\omega t_n}] \gamma - \omega (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) e^{-\omega t_n} \xi = 0;$$

$$\tau_1 \alpha - [\varepsilon_\infty - (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) e^{-\omega t_1}] \gamma - \omega (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) e^{-\omega t_1} \xi = -\dot{\tau}_1.$$

Как видно из рисунка 2,

$$\dot{\tau}_0 = \operatorname{tg} \beta_0;$$

$$\dot{\tau}_1 = \operatorname{tg} \beta_1.$$

Решение вышеприведенной системы трех алгебраических уравнений относительно  $\alpha$ ,  $\xi$  и  $\gamma$  можно представить в виде отношений:

$$\alpha = \frac{\dot{\tau}_1 + (\dot{\tau}_0 - \dot{\tau}_1) e^{-\omega t_n} - \dot{\tau}_0 e^{-\omega t_1}}{\tau_\infty - \tau_1 + (\tau_1 - \tau_0) e^{-\omega t_n} - (\tau_\infty - \tau_0) e^{-\omega t_1}}; \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{(\dot{\tau}_0 \tau_1 - \tau_0 \dot{\tau}_1) e^{-\omega t_n} + \tau_\infty (\dot{\tau}_1 - \dot{\tau}_0) e^{-\omega t_1}}{[\tau_\infty - \tau_1 + (\tau_1 - \tau_0) e^{-\omega t_n} - (\tau_\infty - \tau_0) e^{-\omega t_1}] \varepsilon_\infty}; \quad (5)$$

$$\xi = \frac{(\tau_0 \dot{\tau}_1 - \dot{\tau}_0 \tau_1) [\varepsilon_\infty - (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) e^{-\omega t_n}]}{[\tau_\infty - \tau_1 + (\tau_1 - \tau_0) e^{-\omega t_n} - (\tau_\infty - \tau_0) e^{-\omega t_1}] (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) \omega \varepsilon_\infty} + \frac{\tau_\infty [(\dot{\tau}_0 - \dot{\tau}_1) \varepsilon_\infty + (\dot{\tau}_1 - \dot{\tau}_0 e^{-\omega t_1}) (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0)]}{[\tau_\infty - \tau_1 + (\tau_1 - \tau_0) e^{-\omega t_n} - (\tau_\infty - \tau_0) e^{-\omega t_1}] (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) \omega \varepsilon_\infty}. \quad (6)$$

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Палочкин С. В., Карнаухов М. А. Демпфирование крутильных колебаний в линейной муфте созмеевидной пружиной // Технологии и качество. – 2019. – № 2(44). – С. 41–47.

Для исследования механических свойств контакта определим так называемый эквивалентный модуль упругого сдвига  $G$ , посредством которого имитируется такой упругий контакт, на котором тангенциальная деформация и напряжение будут такими же, как и на реальном контакте, т. е., полагая в уравнении (1), что  $\dot{\tau} = 0$  и  $\dot{\varepsilon} = 0$ , получим:  $\tau = \frac{\gamma}{\alpha} \varepsilon$ , откуда  $G = \frac{\gamma}{\alpha}$ , или согласно отношениям (4) и (5) будем иметь:

$$G = \frac{(\dot{\tau}_0 \tau_1 - \tau_0 \dot{\tau}_1) e^{-\omega t_n} + \tau_\infty (\dot{\tau}_1 - \dot{\tau}_0 e^{-\omega t_1})}{[\dot{\tau}_1 + (\dot{\tau}_0 - \dot{\tau}_1) e^{-\omega t_n} - \dot{\tau}_0 e^{-\omega t_1}] \varepsilon_\infty}. \quad (7)$$

Таким же образом определим коэффициент вязкого сдвига контакта  $K$ . Полагая  $\dot{\tau} = 0$  и  $\varepsilon = 0$ , получим

$$\tau = \frac{\xi}{\alpha} \dot{\varepsilon}, \text{ т. е. } K = \frac{\xi}{\alpha}.$$

Согласно отношениям (4) и (6) коэффициент вязкого сдвига будет иметь следующий вид:

$$K = \frac{(\tau_0 \dot{\tau}_1 - \dot{\tau}_0 \tau_1) [\varepsilon_\infty - (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) e^{-\omega t_n}]}{[\dot{\tau}_1 + (\dot{\tau}_0 - \dot{\tau}_1) e^{-\omega t_n} - \dot{\tau}_0 e^{-\omega t_1}] (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) \omega \varepsilon_\infty} + \frac{\tau_\infty [(\dot{\tau}_0 - \dot{\tau}_1) \varepsilon_\infty + (\dot{\tau}_1 - \dot{\tau}_0 e^{-\omega t_1}) (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0)]}{[\dot{\tau}_1 + (\dot{\tau}_0 - \dot{\tau}_1) e^{-\omega t_n} - \dot{\tau}_0 e^{-\omega t_1}] (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) \omega \varepsilon_\infty}. \quad (8)$$

По формулам (7) и (8) определяем механические свойства статического контакта, исследуя его в динамическом отношении, так как на контакте рассматриваются не только скорость деформации, но и скорость изменения напряжений. Отношения (7) и (8) являются решением поставленной задачи и для динамического контакта.

## ВЫВОДЫ

1. При моделировании процессов рассеивания энергии в контакте текстильных материалов целесообразно рассматривать его поведение как упруго-вязкое.

2. Получены соотношения, позволяющие рассчитать основные параметры зависимости, описывающей вязкоупругое поведение при контактном взаимодействии.

2. Алексеев В. И., Палочкин С. В. Рассеяние энергии крутильных колебаний в цепных передачах приводов машин // *Современные проблемы теории машин*. – 2017. – № 5. – С. 49–53.
3. Палочкин С. В., Алексеев В. И. Рассеяние энергии малых поперечных колебаний ветви цепной передачи вследствие контактных деформаций в шарнирах цепи // *Технологии и качество*. – 2018. – № 2(40). – С. 23–27.
4. Палочкин С. В., Рудовский П. Н. Демпфирование колебаний тарельчатыми пружинами // *Вестник машиностроения*. – 2018. – № 8. – С. 11–17.
5. Колягин А. Ю., Палочкин С. В. Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в крутильно-мотальном механизме // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2009. – № 2С(315). – С. 91–95.
6. Лабай Н. Ю., Рудовский П. Н., Палочкин С. В. Расчет рассеяния энергии колебаний в цилиндрической текстильной паковке с параллельной намоткой нити // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2011. – № 4(333). – С. 61–65.
7. Лабай Н. Ю., Палочкин С. В. Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в приемно-намоточном механизме // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2013. – № 2(344). – С. 121–125.
8. Демпфирование колебаний в цилиндрическом теле намотки при изгибе оправки / П. Н. Рудовский, С. В. Палочкин, А. Ю. Колягин, Н. Ю. Лабай // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2010. – № 5(326). – С. 95–100.
9. Диссипативные свойства текстильных паковок / П. Н. Рудовский, С. В. Палочкин, А. Ю. Колягин, Н. Ю. Лабай. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2016. – 83 с.
10. Нехорошкина М. С., Рудовский П. Н. Исследование поглощения энергии при изменении формы ткани в процессе внедрения инородного тела // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2013. – № 1(343). – С. 165–167.
11. Рудовский П. Н., Букалов Г. К. Расчет потерь энергии на изменение формы ткани, находящейся в контакте двух тел // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2012. – № 1(337). – С. 145–149.
12. Нехорошкина М. С., Рудовский П. Н. Методика определения доли энергии удара, поглощенной тканью или пакетом ткани // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2015. – № 1(355). – С. 53–56.
13. Рудовский П. Н., Нехорошкина М. С. Оценка способности тканей защищать от ударов. – Saarbrücken : LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 92 с.
14. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения. – М. : Физматгиз, 1963. – 472 с.
15. Трение, износ и смазка / А. В. Чичинадзе и др. – М. : Машиностроение, 2003. – 576 с.
16. Ишлинский А. Ю., Ивлев Д. Д. Математическая теория пластичности. – М. : Физматлит, 2001, 2003. – 704 с.

## REFERENCES

1. Palochkin S. V., Karnauhov M. A. Dempfirovanie krutil'nyh kolebanij v linejnoj mufte so zmeevidnoj pruzhinoj // *Tekhnologii i kachestvo*. – 2019. – N 2(44). – S. 41–47.
2. Alekseev V. I., Palochkin S. V. Rasseyaniye energii krutil'nyh kolebanij v cepnyh peredachah privodov mashin // *Sovremennyye problemy teorii mashin*. – 2017. – N 5. – S. 49–53.
3. Palochkin S. V., Alekseev V. I. Rasseyaniye energii malyh poperechnykh kolebanij vetvi cepnoj peredachi vsledstvie kontaktnykh deformacij v sharnirah cepi // *Tekhnologii i kachestvo*. – 2018. – N 2(40). – S. 23–27.
4. Palochkin S. V., Rudovskij P. N. Dempfirovanie kolebanij tarel'chatymi pruzhinami // *Vestnik mashinostroeniya*. – 2018. – N 8. – S. 11–17.
5. Kolyagin A. Yu., Palochkin S. V. Eksperimental'nye issledovaniya dempfirovaniya kolebanij v krutil'nomotal'nom mekhanizme // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. – 2009. – N 2S(315). – S. 91–95.
6. Labaj N. Yu., Rudovskij P. N., Palochkin S. V. Raschet rasseyaniya energii kolebanij v cilindricheskoj tekstil'noj pakovke s parallel'noj namotkoj niti // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. – 2011. – N 4(333). – S. 61–65.
7. Labaj N. Yu., Palochkin S. V. Eksperimental'nye issledovaniya dempfirovaniya kolebanij v priemno-namotochnom mekhanizme // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. – 2013. – N 2(344). – S. 121–125.

8. Dempfirovanie kolebanij v cilindricheskom tele namotki pri izgibe opravki / P. N. Rudovskij, S. V. Palochkin, A. Yu. Kolyagin, N. Yu. Labaj // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010. – N 5(326). – S. 95–100.
9. Dissipativnye svojstva tekstil'nyh pakovok / P. N. Rudovskij, S. V. Palochkin, A. Yu. Kolyagin, N. Yu. Labaj. – Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2016. – 83 s.
10. Nekhoroshkina M. S., Rudovskij P. N. Issledovanie pogloshcheniya energii pri izmenenii formy tkani v processe vnedreniya inorodnogo tela // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2013. – N 1(343). – S. 165–167.
11. Rudovskij P. N., Bukalov G. K. Raschet poter' energii na izmenenie formy tkani, nahodyashchejsya v kontakte dvuh tel // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2012. – N 1(337). – S. 145–149.
12. Nekhoroshkina M. S., Rudovskij P. N. Metodika opredeleniya doli energii udara, pogloshchennoj tkan'yu ili paketom tkani // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2015. – N 1(355). – S. 53–56.
13. Rudovskij P. N., Nekhoroshkina M. S. Ocenka sposobnosti tkanej zashchishchat' ot udarov. – Saarbrücken : LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 92 с.
14. Ahmatov A. S. Molekulyarnaya fizika granichnogo treniya. – M. : Fizmatgiz, 1963. – 472 s.
15. Trenie, iznos i smazka / A. V. Chichinadze i dr. – M. : Mashinostroenie, 2003. – 576 s.
16. Ishlinskij A. Yu., Ivlev D. D. Matematicheskaya teoriya plastichnosti. – M. : Fizmatlit, 2001, 2003. – 704 s.

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-12-14

05.19.01 Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности

УДК 677.017

**Шустов Юрий Степанович**

доктор технических наук, профессор

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
Москва, Россия

**Лебедева Наталия Петровна**

магистрант

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
Москва, Россия

6145263@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

*Определены требования к тканям, предназначенным для пошива спецодежды для работников нефтегазового комплекса. Проведены исследования четырех образцов тканей различного волокнистого состава, вырабатываемых ООО «Чайковская текстильная компания». Исследовались структурные характеристики тканей, их прочностные характеристики, изменение линейных размеров после мокрой обработки и сушки с глажением, воздухопроницаемость и гигроскопичность, огнезащитные и нефтемасловодоотталкивающие свойства, а также антистатические свойства. В процессе исследования применялись стандартные методики. Установлено, что образцы тканей Frall Strong 260A RS и Flame Fort 200A RS наиболее полно отвечают требованиям эксплуатации.*

**Ключевые слова:** спецодежда, ткани, структура тканей, прочностные характеристики, изменение линейных размеров, воздухопроницаемость, гигроскопичность, огнезащитные и нефтемасловодоотталкивающие свойства.

В настоящее время для обеспечения защиты персонала нефтеперерабатывающих заводов необходимо постоянное повышение требований к выпускаемой одежде и материалам.

Ткани, предназначенные для спецодежды работников нефтеперерабатывающих заводов, несут, в первую очередь, защитную функцию, а именно огнестойкость, стойкость к прожиганию, защита от электрической дуги, масляных и водных загрязнений, а также нефтестойкость, так как работники этих заводов трудятся в условиях повышенной опасности возникновения пожара, взрыва и получения ожогов [1–3].

На отечественном рынке тканей для обеспечения высоких механических и термостойких свойств известны два вида продукции:

- ткани на основе хлопка или его смесей с полиэфирным волокном, защитные свойства которых обеспечиваются, как правило, пропиткой тканей специальными

веществами, образующими на поверхности негорючую защитную пленку;

- ткани с использованием термостойких волокон (метаарамидное волокно, конекс, фенилон, полиамидное p-84, арамид, русар, терлана и другие).

В качестве объектов исследования были выбраны четыре образца тканей отечественного производства, выработанных ООО «Чайковская текстильная компания», разного волокнистого состава и переплетения (табл. 1).

При пошиве одежды для нефтяных и газовых компаний должны использоваться негорючие текстильные материалы с высокими прочностными характеристиками, сохраняющимися в процессе эксплуатации. Используемая для пошива спецодежды ткань должна быть устойчива к истиранию, иметь высокое сопротивление к раздирающей и разрывной нагрузкам [4]. В табл. 2 приведены данные согласно ГОСТ с указанием нормативных документов.

Немаловажным показателем для спецодежды является сохранение линейных размеров

ткани при стирках, проводимых при температуре не ниже 60 °С. Образцы тканей были исследованы

согласно ГОСТ 3811–72 после первой и пятой стирок, результаты приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 1

## Структурные характеристики материалов

Название ткани	Frall Strong 260A RS	Frall 280A	Flame Fort 200A RS	Flame Fort 210A
Образец	1	2	3	4
Массовая доля волокон, %	95 Хлопок + 5 ПА	100 Хлопок	100 Арамид	100 Арамид
Переплетение	Комбинированное	Саржа 2/1	Саржа ломаная	Саржа 2/1
Вид отделки	ТоНМВО	ТоНМВО	НМВО	НМВО
Ширина, см	150,0	150,0	150,0	150,0
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	265,0	280,0	190,0	200,0

Примечание. НМВО – нефтемасловодоотталкивающая отделка, препятствующая проникновению воды, нефтепродуктов тяжелой фракции, не снижая паропроницаемости материала;

То – огнезащитная пропитка. Благодаря огнезащитной пропитке ткань не плавится, не поддерживает горение при воздействии открытого огня и высоких температур, не тлеет после пребывания в пламени в течение 30 с.

Т а б л и ц а 2

## Прочностные показатели тканей

Показатель		Номер образца				Нормативная документация
		1	2	3	4	
Разрывная нагрузка, Н	основа	1000	1000	1230	1220	ГОСТ 3813–72, ИСО 5082–82
	уток	650	700	1100	1200	
Раздирающая нагрузка, Н	основа	45	25	145	77	ГОСТ 3813–72
	уток	50	35	135	80	
Стойкость к истиранию, циклы		4800	2500	10 000	10 000	ГОСТ 18976–73

Т а б л и ц а 3

## Изменения линейных размеров после мокрой обработки и сушки с глажением

Показатель		Номер образца			
		1	2	3	4
Изменение линейных размеров, %, после одной стирки при 60 °С	основа	–1,4	–1,3	–1,0	–1,0
	уток	–1,4	–1,3	–1,0	–1,5
Изменение линейных размеров, %, после пяти стирок при 60 °С	основа	–1,9	–1,9	–1,5	–1,0
	уток	–1,5	–1,6	–1,5	–1,8

Выбирая материал для пошива изделия, нужно смотреть не только на его внешний вид, но и учитывать различные свойства, поскольку от них во многом зависит, будет ли одежда удобной и как долго она прослужит. Важными показателями, которые обязательно следует принять во внимание, являются гигроскопичность и воздухопроницаемость ткани. От того, насколько хорошо полотно пропускает воздух или водяные пары, в некоторых случаях зависит не только комфорт, но и здоровье человека. Ведь довольно часто отсутствие должной аэрации вызывает перегревание организма, что чревато развитием простудных, кожных и сердечно-сосудистых заболеваний. В табл. 4 приведены данные о воздухопроницаемости и гигроскопичности выбранных тканей.

Материалы для спецодежды, предназначенной для использования во взрывоопасных и (или) пожароопасных условиях, должны быть огнестойкими. Критерием достаточной огнестойкости тканей является отсутствие остаточ-

ного тления и остаточного горения после выноса из открытого пламени при длине обугленного участка не более 10 см. Также материалы для спецодежды, предназначенной для защиты работающих от нефти, нефтепродуктов, должны иметь нефтемасловодоотталкивающую отделку. Защитные свойства выбранных тканей приведены в табл. 5.

Антистатическим свойствам костюма нефтяника уделяется особое внимание, так как работник нефтяной отрасли работает с легковоспламеняющимися материалами, вспыхивающими даже от статического электричества. Ткань, которая применяется при изготовлении спецодежды для нефтяников, содержит антистатическую волоконную нить (металлосодержащую либо карбоновую). Величина показателя антистатических свойств должна сохраняться без изменения после воздействия 5-кратной мокрой обработки. В табл. 6 приведены результаты проверки антистатических свойств образцов тканей.

На основании полученных результатов четырех отечественных тканей наилучшими характеристиками обладают два образца ткани Frall Strong 260A RS, Flame Fort 200A RS.

Т а б л и ц а 4

Воздухопроницаемость и гигроскопичность материалов

Показатель	Номер образца				Нормативная документация
	1	2	3	4	
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2\cdot\text{с})$	98	54	172	67	ГОСТ 12088–77
Гигроскопичность, %	16,3	15,5	8,5	7,6	ГОСТ 3816–81

Т а б л и ц а 5

Огнезащитные и нефтемасловодоотталкивающие свойства

Показатель		Номер образца				Нормативная документация
		1	2	3	4	
Водоотталкивание, усл. ед.	первоначально	100	90	100	90	ГОСТ 30292–96, п. 7.10
	после 12 стирок	90	80	90	80	
Маслоотталкивание, балл	первоначально	5	5	5	5	ГОСТ 11209–2014, п. 7.19
	после 12 стирок	5	5	5	5	
Нефтеотталкивание, балл	первоначально	5	5	5	5	ГОСТ 11209–2014, п. 7.20
	после 12 стирок	5	5	5	5	
Время остаточного горения/тления, с	первоначально	0/0	0/0	0/0	0/0	ГОСТ 11209–2014, ГОСТ 15025–2012 (метод А, В)
	после 12 стирок	0/0	0/0	0/0	0/0	

Т а б л и ц а 6

Антистатические свойства

Показатель		Номер образца				Нормативная документация
		1	2	3	4	
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	первоначально	$1,2 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$9,9 \times 10^3$	$2,6 \times 10^4$	ГОСТ 19616–74
	после 5 стирок	$4,0 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$7,9 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка алгоритма оценки качества тканей специального назначения для защиты от кислот и щелочей / С. А. Костомаров, Ю. С. Шустов, А. В. Курденкова, В. С. Валуев, Е. В. Бызова // Дизайн и технологии. – 2017. – № 61. – С. 57–63.
2. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности / А. Ф. Давыдов, Ю. С. Шустов, А. В. Курденкова, С. Б. Белкина. – М. : Форум : Инфра-М, 2014. – 384 с.
3. Экспериментальный комплекс для оценки эксплуатационной эффективности пакетов материалов современной теплозащитной одежды / А. В. Абрамов, М. В. Родичева, Т. Н. Ветрова, Ю. С. Шустов // Дизайн и технологии. – 2019. – № 70. – С. 65–71.
4. Лебедева Н. П., Шустов Ю. С. Зависимость устойчивости текстильных материалов к раздирающей нагрузке от вида заключительной отделки // Международная научная конференция, посвященная 110-летию юбилею А. Г. Севостьянова. – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020. – С. 87–92.

## REFERENCES

1. Razrabotka algoritma ocenki kachestva tkanej special'nogo naznacheniya dlya zashchity ot kislot i shchelochej / S. A. Kostomarov, Yu. S. Shustov, A. V. Kurdenkova, V. S. Valuev, E. V. Byzova // Dizajn i tekhnologii. – 2017. – N 61. – S. 57–63.
2. Tekhnicheskaya ekspertiza produkcii tekstil'noj i legkoj promyshlennosti / A. F. Davydov, Yu. S. Shustov, A. V. Kurdenkova, S. B. Belkina. – M. : Forum : Infra-M, 2014. – 384 s.
3. Eksperimental'nyj kompleks dlya ocenki ekspluatacionnoj effektivnosti paketov materialov sovremennoj teplozashchitnoj odezhdy / A. V. Abramov, M. V. Rodicheva, T. N. Vetrova, Yu. S. Shustov // Dizajn i tekhnologii. – 2019. – N 70. – S. 65–71.
4. Lebedeva N. P., Shustov Yu. S. Zavisimost' ustojchivosti tekstil'nyh materialov k razdirayushchej nagruzke ot vida zaklyuchitel'noj otdelki // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya, posvyashchennaya 110-letnemu yubileyu A. G. Sevost'yanova. – M. : RGU im. A. N. Kosygina, 2020. – S. 87–92.

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-15-21

05.19.01 Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности

УДК 677.022.2:519.876.5:519.248:004.942

**Севостьянов Петр Алексеевич**

доктор технических наук, профессор

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
Москва, Россия

petrsev46@yandex.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРОВНОТЫ ОДНОМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПРОДУКТОВ  
ПО ДОЛЕ КОМПОНЕНТОВ  
И ЕЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ НЕРОВНОТЫ ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ**

*В статье приведены результаты исследования взаимосвязи между неровнотой по линейной плотности и по доле компонентов одномерных волокнистых продуктов (ленты, жгута, ровницы, пряжи). Получена формула для оценки коэффициента вариации по доле компонента в зависимости от неровноты по линейной плотности и средней доле компонента. Оценка позволяет прогнозировать ожидаемую неравномерность доли компонента в продукте по известной информации о неровноте компонентов. Установлены закономерности и приведены примеры зависимости между корреляционными функциями и спектральными плотностями дисперсии для неровноты по линейной плотности и доле компонента в продукте в зависимости от доли компонентов, их неравномерности и спектрального состава неровноты.*

**Ключевые слова:** одномерный продукт, лента, неровнота, линейная плотность, доля компонента, дисперсия, коэффициент вариации, автокорреляционная функция, спектральная плотность дисперсии.

Ряд продуктов прядильных производств (лента, ровница, пряжа, нити, жгуты и др.) относятся к категории одномерных продуктов, поскольку их длина на много порядков превосходит поперечные размеры. Неравномерность продуктов по линейной плотности описывают случайными функциями, для исследования которых разработаны измерительные приборы и методы обработки данных [1–3]. По многим причинам эти продукты формируют из смесей различных компонентов [2, 4]. Доля компонентов вдоль продукта так же не постоянна и описывается случайными функциями. Однако надежных и адекватных измерительных средств для прямого измерения доли компонентов по длине продукта до сих пор создать не удалось [4–7]. Поэтому важно найти взаимосвязь между неровнотой продукта по линейной плотности и по долям компонентов. Далее ограничимся двухкомпонентными смесями [3, 8].

Обозначим  $g_1(t)$  и  $g_2(t)$  случайные функции, описывающие линейную плотность каждого из двух складываемых в продукте компонентов. Линейная плотность продукта в результате сложения компонентов равна  $g(t) = g_1(t) + g_2(t)$ . Доля 1-го компонента в продукте описывается случайной функцией  $p_1(t) = g_1(t)/g(t)$ . Чтобы найти взаимосвязь между коэффициентами ва-

риации по линейной плотности и по доле компонентов, проварьируем выражение для доли компонента и вычислим дисперсию вариации доли:

$$\begin{aligned} \delta p_1 &= \frac{(g_1(t) + g_2(t)) \cdot \delta g_1(t) - g_1(t) \cdot \delta(g_1(t) + g_2(t))}{(g_1(t) + g_2(t))^2} = \\ &= \frac{g_2(t) \cdot \delta g_1(t) - g_1(t) \cdot \delta g_2(t)}{(g_1(t) + g_2(t))^2}, \\ Dp_1(t) &= \frac{g_2^2(t) Dg_1(t) + g_1^2(t) Dg_2(t)}{(g_1(t) + g_2(t))^4} = \\ &= pm_1^2 pm_2^2 (CVg_1^2 + CVg_2^2). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $pm_1$  и  $pm_2$  – средние доли по линейной плотности компонентов в продукте. Разделим это равенство на квадрат средней (неварьированной) доли и найдем квадрат коэффициента вариации доли 1-го компонента. После преобразований получим

$$CVp_1 = pm_2 \sqrt{CVg_1^2 + CVg_2^2}. \quad (2)$$

Обмен индексов дает, в силу симметрии, аналогичное выражение для коэффициента вариации  $CVp_2$ :

$$CVp_2 = pm_1 \sqrt{CVg_1^2 + CVg_2^2}.$$



Из формул следует, что дисперсия доли 1-го и 2-го компонентов равна нулю для однокомпонентного продукта, а наибольшее значение принимает при  $pm_1 = pm_2 = 0,5$  независимо от коэффициентов вариации компонентов по линейной плотности, которое равно

$$Dp_1 = Dp_2 = \frac{CVg_1^2 + CVg_2^2}{16}.$$

Коэффициенты вариации доли компонента линейно убывают пропорционально средней доле самого компонента.

Вывод формул сделан для малых и независимых вариаций линейных плотностей компонентов. Проверка формулы в широком диапазоне вариаций долей компонентов выполнена статистическим моделированием  $g_1(t)$ ,  $g_2(t)$  и доли  $p_1(t)$  [9]. Результаты оценки коэффициентов вариации доли 1-го компонента при разных средних значениях  $g_1$ , т. е. при разных долях  $p_1$ , приведены на рис. 1 и в табл. 1 и 2. Графики показывают, что формула дает хорошее совпадение с результатами моделирования на всем диапазоне доли компонента. Для удобства вычислений и сравнения результатов использована величина

$$Q_1 = \frac{CVp_1}{CVg_1} = pm_2 \sqrt{1 + \left( \frac{CVg_2}{CVg_1} \right)^2}. \quad (3)$$

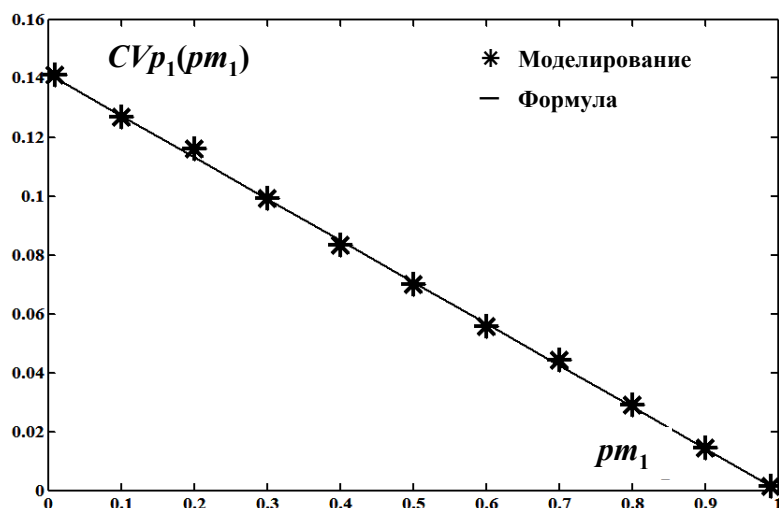


Рис. 1. Зависимость коэффициента вариации доли 1-го компонента от среднего значения  $g_1$ :  
сплошная линия – расчет по формуле (2),  
маркеры – результаты моделирования доли 1-го компонента двухкомпонентного продукта

Т а б л и ц а 1

Сравнение результатов статистического моделирования с расчетами по формуле (3) для малых вариаций

$pm_2$	0,01	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,99
$Q_1$ по формуле (3)	0,014	0,141	0,424	0,707	0,990	1,272	1,400
$Q_1$ по моделированию	0,014	0,144	0,428	0,711	0,997	1,288	1,422

Величину  $Q_1$  называют вариационным отношением и используют для отображения относительных вариаций двух или нескольких случайных переменных [10]. Результаты, представленные в табл. 1, получены расчетами и моделированием, которые проводились при  $CVg_1 = CVg_2 = 10\%$ . Объемы выборок для массивов значений  $g_1(t)$  и  $g_2(t)$  при моделировании  $N = 10^6$ , что позволило понизить разброс оценок до незначительной величины. В табл. 2 представлены результаты расчетов и статистического моделирования зависимости вариационного отношения от коэффициента вариации линейной плотности второго компонента.

Результаты получены при равных средних долях компонентов в ленте  $pm_1 = pm_2 = 0,5$ . Коэффициент вариации по линейной плотности первого компонента был постоянным и равным  $CVg_1 = 10\%$ . Коэффициент вариации по линейной плотности второго компонента варьировался в пределах от нуля до 100%. Нулевое или близкое к нему значение коэффициента вариации по линейной плотности компонента реализуется на практике, если этим компонентом являются элементарные нити химических волокон. Коэффициент вариации, равный 100%, соответствует так называемой идеальной ленте. Она построена из распределенных случайным образом по ее длине прямолинейных волокон одинаковой конечной длины [1, 3].

Сравнение результатов статистического моделирования с расчетами по формуле (3) для малых вариаций

$CVg_2$	0 %	10 %	30 %	50 %	70 %	90 %	100 %
$Q_1$ по формуле (3)	0,500	0,707	1,581	2,549	3,535	4,527	5,024
$Q_1$ по моделированию	0,505	0,710	1,676	2,699	3,253	3,573	3,700

Другая важная характеристика неровноты – автокорреляционная функция (АКФ). Аналитически получить связь между АКФ  $g_1(t)$ ,  $g_2(t)$  и АКФ  $p_1(t)$  продукта весьма не просто. Поэтому был использован метод статистической компьютерной имитации. Моделями  $g_1(t)$  и  $g_2(t)$  являлись авторегрессионные преобразования 2-го порядка дискретного белого шума  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$ :

$$g_1^0(t) = x_1(t) - 0,9g_1^0(t-1) + 0,3g_1^0(t-2),$$

$$g_1(t) = pm_1Mg + g_1^0(t);$$

$$g_2^0(t) = x_2(t) + 0,9g_2^0(t-1) - 0,1g_2^0(t-2),$$

$$g_2(t) = pm_2Mg + g_2^0(t).$$

В этих формулах индексы 1, 2 нумеруют компоненты;  $t = 1, \dots, 1000$  – дискрета переменной времени;  $pm_1$  и  $pm_2 = 1 - pm_1$  – доли компонентов в продукте со средней линейной плотностью  $Mg$ . Коэффициенты авторегрессий подбирались в соответствии с рекомендациями [9] так, чтобы АКФ 1-го компонента содержала ко-

лебательную составляющую, а 2-го компонента была монотонно убывающей [11]. Графики АКФ линейной плотности компонентов показаны на рис. 2. На рис. 3 показаны АКФ для доли  $p_1(t)$  на всем диапазоне значений средней доли 1-го компонента. На графиках видно, как с уменьшением доли 1-го компонента в монотонной АКФ нарастает колебательная составляющая в АКФ доли компонента. При этом колебательная составляющая возникает и проявляется в основном на коротких интервалах корреляции и отсутствует у АКФ линейной плотности 2-го компонента.

Наблюдаемый эффект весьма необычен и приводит к выводу, что наличие волн по линейной плотности в одном из компонентов может быть причиной возникновения коротковолновой неровноты по доле компонентов, т. е. по смесовому составу в смешанном одномерном продукте. Эта коротковолновая неровнота по доле компонентов может проявиться на последующих переходах прядильного производства и в готовом продукте.

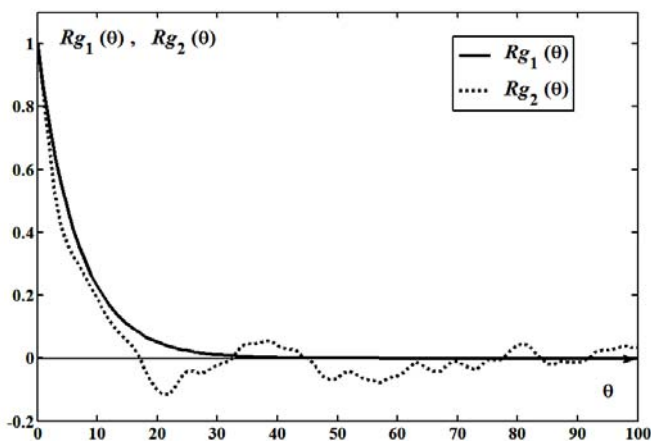


Рис. 2. Автокорреляционные функции линейной плотности компонентов

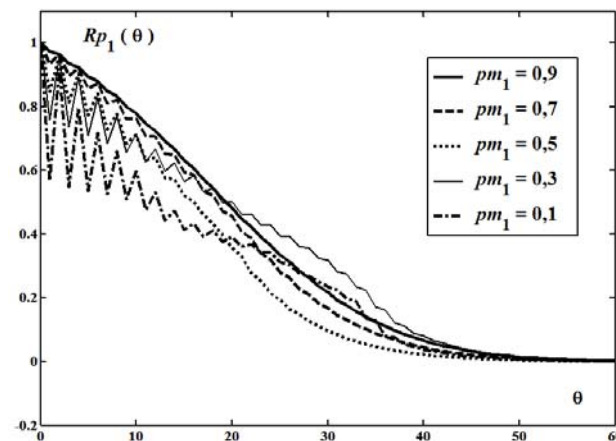


Рис. 3. Автокорреляционная функция доли 1-го компонента в продукте

Стационарную неровноту линейной плотности волокнистой ленты обычно разделяют на случайную и периодическую составляющие [4, 12]:

$$g(x) = r(x) + c(x),$$

$$0 \leq x \leq Lm.$$

В этой формуле  $g(x)$  – стационарная случайная функция, описывающая величину линейной плотности по длине ленты;  $x$  – координата по длине ленты;  $Lm$  – длина рассматриваемого отрезка ленты;  $r(x)$  и  $c(x)$  – соответственно случайная и периодическая составляющие неровноты. Двухкомпонентная лента является результатом сложения по меньшей мере двух волокнистых потоков:

$$g(x) = g_1(x) + g_2(x) = \\ = r_1(x) + c_1(x) + r_2(x) + c_2(x), \\ 0 \leq x \leq Lm.$$

Доли первого и второго компонентов:

$$p_1(x) = g_1(x)/g(x), \\ p_2(x) = 1 - p_1(x)$$

и являются случайными функциями, нелинейно зависящими от  $g_1(x)$  и  $g_2(x)$ . Для анализа зависимости частотного спектра неровноты по доле компонента от спектральных свойств неровноты по линейной плотности используем модельный пример. Предположим, что случайные составляющие  $r_1(x)$  и  $r_2(x)$  – это белый шум с нулевым средним и одинаковыми среднеквадратическими отклонениями  $CVg_1 = CVg_2 = 10\%$ . Средняя линейная плотность ленты  $m = 5000$  текс. Линейная плотность каждого из компонентов содержит гармоническую составляющую с одинаковыми относительными амплитудами  $a = 0,2$  и длинами волн  $L_1 = 5$  м и  $L_2 = 9$  м

$$c_{1,2}(x) = m_{1,2} \left( 1 + a \cos \left( \frac{2\pi x}{L_{1,2}} - b_{1,2} \right) \right).$$

В этой формуле средние линейные плотности компонентов  $m_1$  и  $m_2$  равны  $m_1 = pm_1 \cdot m$  и  $m_2 = pm_2 \cdot m$ , где  $pm_1$  и  $pm_2$  – средние доли компонентов в ленте;  $b_1$  и  $b_2$  – смещения фазы гармонических колебаний линейной плотности компонентов. На рис. 4 показаны графики спектральной плотности дисперсии (СПД) для линейной плотности первого компонента  $Sg_1(\lambda)$ , второго компонента  $Sg_2(\lambda)$ , смешанной ленты  $Sg(\lambda)$  и доли первого компонента  $Sp_1(\lambda)$  в зависимости от длины волны  $\lambda$  [1, 9, 10]. Заметим, что СПД доли второго компонента равна  $Sp_1(\lambda)$ , поскольку случайные функции  $p_2(x) = 1 - p_1(x)$ . На графиках СПД четко выделяются пики на длинах волн  $L_1 = 5$  м и  $L_2 = 9$  м гармонических составляющих неровноты компонентов. СПД ленты является суммой СПД компонентов, и в ней наблюдаются оба пика от компонентов. Интенсивности (амплитуды) пиков больше у компонента с большей долей вклада в ленту. В СПД доли компонента  $Sp_1(\lambda)$  также присутствуют оба пика на указанных длинах волн, но с меньшими амплитудами.

Приведенные оценки были выполнены для всего диапазона долей компонентов от 0 до 1. Были вычислены максимальные значения СПД  $Sgm = \max\{Sg(\lambda)\}$  и  $Spm = \max\{Sp_1(\lambda)\}$  и длины волн  $LgMax$  и  $LpMax$ , соответствующие

этим максимумам. Результаты моделирования приведены в табл. 3. Видно, что максимум СПД приходится на длину волны компонента, чья доля в ленте больше. При  $pm_1 < 0,5$  это длина волны второго компонента  $L_2 = 9$  м, при  $pm_1 > 0,5$  – длина волны первого компонента  $L_1 = 5$  м. При этом интенсивность максимума СПД наименьшая при равных долях компонентов и симметрично нарастает с увеличением доли любого из компонентов. Наибольший из пиков СПД доли первого (и второго) компонентов может приходиться на длину волны и первого, и второго компонентов. При этом максимум СПД имеет наибольшее значение при равных долях компонентов и убывает до нуля с уменьшением доли любого из компонентов [7, 11]. Этот результат согласуется с формулой (1). Вычислительные эксперименты на модели ленты показали [4, 12], что максимумы СПД  $Spm$  могут появляться на пиковой частоте первого или второго компонентов, в зависимости от их совпадения или несовпадения с одним из пиков СПД случайной составляющей компонента.

Максимумы СПД по величине и длине волны не зависят от смещений по фазе  $b_1$  и  $b_2$  между гармоническими составляющими неровноты компонентов. При большой разнице в длинах волн  $L_1$  и  $L_2$  в компонентах в доле компонента устойчиво просматривается пик СПД только на одной длине волны.

Совершенно иначе проявляются гармонические составляющие линейной плотности компонентов в спектре доли компонента при одинаковых длинах волн:  $L = L_1 = L_2$ . В этом случае принципиально важную роль играет различие в фазе колебаний линейной плотности в каждом из компонентов, поскольку при наличии гармонических колебаний с одинаковыми длинами волн возникает устойчивый эффект «резонанса» между двумя компонентами.

При отсутствии смещения по фазе, т. е. при  $\Delta b = b_1 - b_2 = 0$  в СПД  $Sp_1(\lambda)$  вообще отсутствует явно выраженный пик, показывающий присутствие гармонической составляющей в изменениях доли компонента в ленте. Наоборот, при  $\Delta b \neq 0$  возникают один (при  $\Delta b = \pi$ , т. е. когда волны в компонентах находятся в противофазе) или два (при  $\Delta b \neq 0$  и  $\Delta b \neq \pi$ ) устойчивых пика на основной длине волны  $L$  и на длине волны  $L/2$ . При этом амплитуды пиковых значений СПД  $Sp_1(\lambda)$  при  $\lambda = L$  и  $\lambda = L/2$  отличаются примерно на два порядка как между собой, так и от общего уровня значений СПД.

В табл. 4 приведены значения первых двух максимумов  $Spm_1$  и  $Spm_2$  для  $L = L_1 = L_2 = 8$  м при  $\Delta b = \pi$  и  $\pi/2$  для разных  $pm_1$ . Из представ-

ленных данных следует, что при одинаковой длине волны линейной плотности в компонентах неровнота в ленте по доле компонента может отсутствовать, если оба компонента складываются в ленте синфазно. Если же компоненты, наоборот, складываются в противофазе, то периодическая неровнота по доле компонента может достигать весьма больших амплитуд,

причем величина этих амплитуд зависит от средней доли компонента.

При одинаковых долях амплитуда максимальна. При неодинаковых долях в неровноте по доле возникают две волны: одна имеет ту же длину, что и волна в неровноте по линейной плотности в компонентах, а другая длина волны в два раза меньше ( $L = 4$  м).

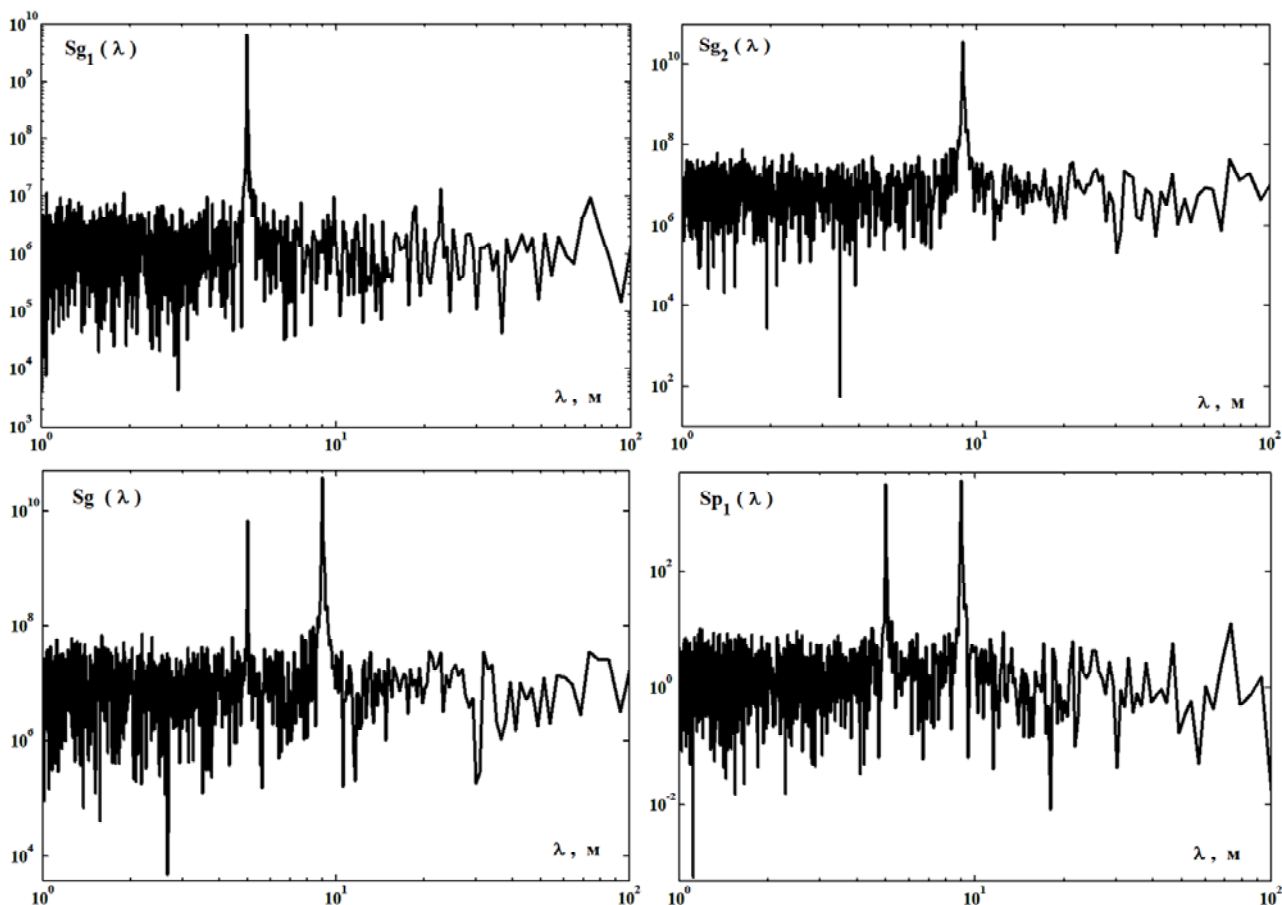


Рис. 4. СПД линейной плотности компонентов  $Sg_1(\lambda)$ ,  $Sg_2(\lambda)$ , ленты  $Sg(\lambda)$  и доли компонента  $Sp_1(\lambda)$  в ленте

Таблица 3

Максимумы спектральной плотности дисперсии линейной плотности и доли компонента и соответствующие им длины волн в зависимости от средней доли компонента в ленте

$pm_1$	$LgMax, м$	$Sgmax$	$LpMax, м$	$Spm$
0	8,983	7,257 e+10	Inf	0
0,1	8,983	6,025 e+10	8,982	674,0
0,2	8,983	4,198 e+10	4,995	1877,8
0,3	8,983	3,507 e+10	4,995	3242,2
0,4	8,983	2,423 e+10	8,982	4249,2
0,5	4,995	1,781 e+10	4,995	4697,3
0,6	4,995	2,685 e+10	4,995	4458,5
0,7	4,995	3,597 e+10	4,995	3376,6
0,8	4,995	4,503 e+10	4,995	1919,4
0,9	4,995	5,680 e+10	4,995	613,9
1,0	4,995	7,100 e+10	Inf	0

Т а б л и ц а 4

Два главных максимума СПД доли компонента в зависимости от средней доли компонента в ленте

$pm_1$	$Spm_1, \Delta b = \pi$	$Spm_2, \Delta b = \pi$	$Spm_1, \Delta b = \pi/2$	$Spm_2, \Delta b = \pi/2$
0,01	586,2	6,231	288,4	3,015
0,10	4,687 e + 4	324,5	2,301 e + 4	190,2
0,30	2,423 e + 5	348,6	1,211 e + 5	761,2
0,50	3,362 e + 5	-	1,693 e + 5	916,2
0,70	2,412 e + 5	437,0	1,209 e + 5	720,0
0,90	4,671 e + 4	320,1	2,305 e + 4	203,8
0,99	581,7	6,116	284,1	3,047

При различии в фазах волн компонентов, равном четверти периода ( $\Delta b = \pi/2$ ), при любых долях компонентов в неровноте по доле присутствуют две волны с длинами  $L$  и  $L/2$ . Первая волна имеет большую амплитуду (интенсивность дисперсии), отличающуюся на 2 порядка от второй волны. Амплитуды обеих волн сильно зависят от средней доли компонента, достигая максимума при равных долях компонентов.

#### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что коэффициент вариации доли компонента по длине одномерного продукта нарастает пропорционально убыванию его доли, а дисперсия доли компонентов достигает максимума при одинаковой доле компо-

нентов независимо от неровноты по линейной плотности. Формулы, полученные для этих оценок, пригодны в широком диапазоне неровноты по линейной плотности компонентов.

2. Оценка АКФ доли компонента имеет специфическую форму, зависящую от формы АКФ линейной плотности компонентов, и прогнозирует возможность коротковолновой неровноты по доле компонентов.

3. Периодическая неровнота линейной плотности компонентов по-разному проявляется в СПД неровноты по доле компонентов в продукте и сложным образом зависит от доли компонента, амплитуды периодической неровноты, соотношения длин волн в компонентах и разности фаз.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов А. Г. Методы исследования неровноты продуктов прядения: (Характеристики случайных функций и их применение). – М. : Ростехиздат, 1962. – 386 с. : ил.
2. Севостьянов А. Г. Исследование неровноты, возникающей при смешивании текстильных волокон и при вытягивании продуктов прядения : дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1960. – 544 с.
3. Севостьянов П. А. Методы исследования и моделирования неровноты продуктов прядения : монография. – М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. – 241 с.
4. Компьютерное моделирование длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте на основе данных натуральных экспериментов / П. А. Севостьянов, К. В. Ордов и др. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 6. – С. 185–189.
5. Громов С. С., Севостьянов П. А. Анализ динамики долевого состава двухкомпонентного волокнистого материала в процессе кардочесания // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 6(321). – С. 109–112.
6. Горский Д. А., Севостьянов П. А. Оценка эффективности управления кипным питателем с верхним отбором волокна методами компьютерного моделирования // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 3(308). – С. 124–127.
7. Добринская Т. А., Севостьянов П. А. Сравнение эффективности смешивания смешивающими и дозирующими устройствами // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000. – № 3. – С. 39–43.
8. Севостьянов П. А. Исследование сложения волокнистых потоков методом статистического моделирования // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1979. – № 5. – С. 40–44.
9. Севостьянов П. А., Ордов К. В. Основы анализа и моделирования данных в технике и экономике : монография. – М. : Тисо Принт, 2015. – 412 с.
10. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений : для вузов. – 3-е изд., стер. – М. : Наука, 1969. – 511 с.

11. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие. – 3-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 768 с. : ил.
12. Sevostyanov P. A., Lebedeva V. I., Shibaeva E. O. The Sliding Dispersion Method for Detecting Local Unevenness in Fibres // *Fibre Chemistry*. – 2009. – Vol. 41, № 4. – С. 271–275.

## REFERENCES

1. Sevost'yanov A. G. *Metody issledovaniya nerovnoty produktov pryadeniya: (Harakteristiki sluchajnyh funkcij i ih primenenie)*. – M. : Rostekhizdat, 1962. – 386 s. : il.
2. Sevost'yanov A. G. *Issledovanie nerovnoty, vznikayushchej pri smeshivanii tekstil'nyh volokon i pri vytyagivanii produktov pryadeniya : dis. ... d-ra tekhn. nauk.* – M., 1960. – 544 s.
3. Sevost'yanov P. A. *Metody issledovaniya i modelirovaniya nerovnoty produktov pryadeniya : monografiya.* – M. : RGU im. A. N. Kosygina, 2019. – 241 s.
4. *Komp'yuternoe modelirovanie dliny i toniny volokon shersti v topse i lente na osnove dannyh naturnyh eksperimentov / P. A. Sevost'yanov, K. V. Ordov i dr. // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2015. – N 6. – S. 185–189.
5. Gromov S. S., Sevost'yanov P. A. *Analiz dinamiki dolevogo sostava dvukomponentnogo voloknistogo materiala v processe kardochesaniya // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009. – N 6(321). – S. 109–112.
6. Gorskij D. A., Sevost'yanov P. A. *Ocenka effektivnosti upravleniya kipnym pitatelem s verhnim otborom volokna metodami komp'yuternogo modelirovaniya // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2008. – N 3(308). – S. 124–127.
7. Dobrinskaya T. A., Sevost'yanov P. A. *Sravnienie effektivnosti smeshivaniya smeshivayushchimi i doziryuyushchimi ustrojstvami // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 2000. – N 3. – S. 39–43.
8. Sevost'yanov P. A. *Issledovanie slozheniya voloknistyh potokov metodom statisticheskogo modelirovaniya // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* – 1979. – N 5. – S. 40–44.
9. Sevost'yanov P. A., Ordov K. V. *Osnovy analiza i modelirovaniya dannyh v tekhnike i ekonomike : monografiya.* – M. : Tiso Print, 2015. – 412 s.
10. Smirnov N. V., Dunin-Barkovskij I. V. *Kurs teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki dlya tekhnicheskikh prilozhenij : dlya vtuzov.* – 3-e izd., ster. – M. : Nauka, 1969. – 511 s.
11. Sergienko A. B. *Cifrovaya obrabotka signalov : ucheb. posobie.* – 3-e izd. – SPb. : BHV-Peterburg, 2011. – 768 s. : il.
12. Sevostyanov P. A., Lebedeva V. I., Shibaeva E. O. The Sliding Dispersion Method for Detecting Local Unevenness in Fibres // *Fibre Chemistry*. – 2009. – Vol. 41, N 4. – S. 271–275.

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-22-25

05.19.01 Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности  
УДК 677. 07

**Сташева Марина Александровна**

кандидат технических наук, доцент

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия  
marinastasheva@mail.ru

**Новосад Татьяна Николаевна**

кандидат технических наук

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия  
ktn5225@yandex.ru

**Евсеева Наталья Владимировна**

кандидат технических наук, доцент

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия  
yevseyev@mail.ru

**Гусев Борис Николаевич**

доктор технических наук, профессор

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия  
gusevbn@yandex.ru

## ИСПЫТАНИЯ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН С ЦЕЛЬЮ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ

*Одной из причин низкого спроса на отечественные текстильные полотна является неполное удовлетворение требований потребителей при соотношении качества и цены изделий, а также недостаточное использование возможностей российской системы сертификации как источника надежной информации (рекламы) качества как совокупности потребительских свойств и безопасности производимой продукции. В работе осуществлено испытание хлопчатобумажных трикотажных полотен с различным вложением синтетических волокон и приведены рекомендации по выбору рациональной схемы их сертификации с целью использования для производства швейных изделий различного назначения.*

**Ключевые слова:** трикотажное полотно, испытание, подтверждение соответствия, качество, технический регламент, показатели безопасности, потребительские свойства.

В Стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года [1] показано, что внутренний спрос на ткани и трикотажные полотна из натуральных волокон будет постоянно возрастать и объем их производства достигнет к 2025 году в денежном выражении порядка до 100 млрд рублей. В то же время основным барьером для интенсивного развития отрасли является низкий текущий спрос со стороны производителей одежды на отечественные полотна, которые не конкурентоспособны по качеству с широким ассортиментом полотен, предлагаемым зарубежными производителями. Одной из причин несоответствия по качеству отечественных трикотажных полотен импортной продукции является незнание потенциальных возможностей российской системы сертификации, общие принципы которой определены соответствующим законом РФ «О техническом регулировании» [2].

В настоящее время в области текстильной и легкой промышленности в Таможенном союзе действуют три технических регламента [3–5], определяющие соответствующие показатели безопасности (табл. 1).

В зависимости от вида продукции в них предусмотрено либо ее декларирование соответствия изготовителем, импортером, поставщиком (продавцом), либо сертификация продукции на основании обращения указанных лиц в аккредитованные органы по сертификации. Для определения необходимых операций, а также формы подтверждения на основании анализа документа [4] предложен соответствующий алгоритм, блок-схема которого представлена на рисунке.

В качестве объектов исследования выбраны хлопчатобумажные трикотажные полотна, произведенные на предприятии ООО «Миртекс» (г. Фурманов Ивановской области), с различным добавлением синтетических волокон, основные характеристики полотен приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 1

Показатели безопасности продукции текстильной и легкой промышленности в ТР ТС

ТР ТС 007/2011 [3]	ТР ТС 017/2011 [4]	ТР ТС 019/2011 [5]
1. Индекс токсичности, определяемый в водной среде. 2. Изменение рН водной вытяжки. 3. Показатели биологической и химической безопасности	1. <i>Механические</i> : разрывная нагрузка, прочность крепления, показатель гибкости, ударная прочность. 2. <i>Химические</i> : предельно допустимое выделение вредных химических веществ в воздушную и (или) водную среду. 3. <i>Биологические</i> : гигроскопичность, воздухопроницаемость, напряженность электростатического поля, индекс токсичности, устойчивость окраски	1. <i>Санитарно-гигиенические</i> (запах материалов изделий). 2. <i>Санитарно-химические</i> : состояния водных вытяжек (запах). 3. <i>Миграция вредных веществ</i> : в дистиллированную воду, в воздушную среду. 4. <i>Токсиколого-гигиенические</i> . 5. <i>Электризуемость</i> . 6. <i>Механические</i>

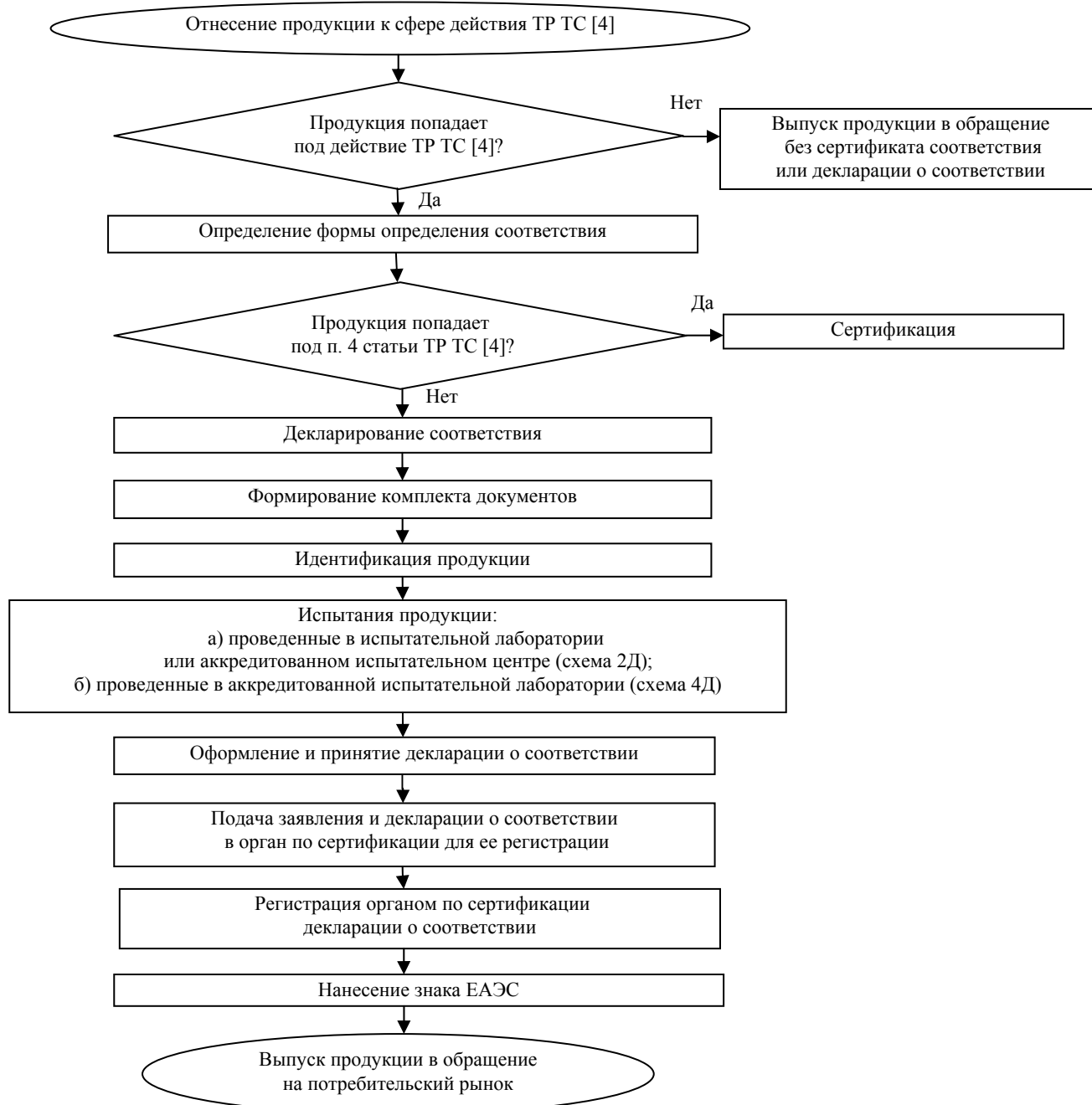


Рис. Блок-схема алгоритма сертификации продукции



Т а б л и ц а 2

Характеристика объектов исследования (трикотажных полотен)

Показатель качества	Значение показателя для образцов				
	1	2	3	4	5
Состав волокон, %	Хлопковое (100)	Хлопковое (92) Полиуретановое (8)	Хлопковое (95) Полиуретановое (5)	Хлопковое (90) Полиэфирное (10)	Хлопковое (70) Полиэфирное (30)
Переплетение	Гладь кулирная				
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	140				
Число рядов на 100 мм	200				
Число столбиков на 100 мм	140				

Результаты испытаний пяти образцов трикотажных полотен по различным группам показателей (органолептические, физико-гигиенические, токсикологические, санитарно-химические в водной среде), осуществленные в аккредитованной испытательной лаборатории филиала

ТОО «КазСертТест» (г. Чебоксары), приведены в табл. 3.

Анализ данных испытаний трикотажных полотен показал, что по всем группам показателей они не превышают допустимых нормативных значений.

Т а б л и ц а 3

Результаты лабораторных испытаний трикотажных полотен

Контролируемый показатель, ед. измерения	Группа показателей	Нормативное значение	Фактическое значение образца				
			1	2	3	4	5
Интенсивность запаха в естественных условиях, балл	Органолептические	Не более 2	1	1	1	1	1
Устойчивость окраски, баллы:	Физико-гигиенические	Не менее 4	5	4	5	4	4
к стирке							
к поту							
к сухому трению							
Гигроскопичность, %							
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	Не менее 100	457	416	489	471	428	
Напряженность электростатического поля на поверхности изделия, кВ/м		Не более 15	2,0	2,1	2,1	2,2	2,4
Индекс токсичности, %	Токсикологические	От 70 до 120	99,6	92,7	94,2	92,8	92,4
Содержание свободного формальдегида, мкг/г	Санитарно-химические в водной среде	Не более 75	10	13	10	11	13
Мышьяк, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 1,0	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Медь, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 50,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Свинец, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 1,0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Кобальт, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 4,0	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Никель, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 4,0	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Хром, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 4,0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Этиленгликоль, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 1,0	-	0,15	0,15	-	-
Ацетальдегид, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 0,2	-	0,05	0,05	0,05	0,05
Бензол, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 0,01	-	0,005	0,005	-	-
Толуол, мг/дм <sup>3</sup>		Не более 0,5	-	0,005	0,005	-	-
Диметилтерефталат, мг/дм <sup>3</sup>	Не более 1,5	-	-	-	0,005	0,006	

Исследуемые полотна можно рекомендовать для изготовления изделий первого слоя, т. е. имеющих непосредственный контакт с кожей человека, таких как нательное и постельное белье, корсетные и купальные изделия, летние

головные уборы, а также изделия второго слоя, а именно имеющих ограниченный контакт с кожей человека, таких как платья, блузки, сорочки, брюки, юбки, костюмы без подкладки.

Наиболее рациональной схемой подтверждения соответствия для исследуемых полотен является схема 2Д. При решении о подтверждении соответствия трикотажных полотен требованиям технического регламента [4] следует придерживаться последовательности операций блок-схемы, представленной на рисунке.

Отмечаем, что наряду с определением рациональной схемы соответствия по показателям качества исследуемых трикотажных полотен, значения которых приведены в табл. 3, для установления их уровня конкурентоспособности можно осуществить комплексную оценку качества, используя методические рекомендации [6].

## ВЫВОДЫ

1. Предложен обобщенный алгоритм подтверждения соответствия с учетом требований Технического регламента Таможенного союза [4] на продукцию текстильной и легкой промышленности.

2. Осуществлены лабораторные испытания стандартными методами кулирного хлопчатобумажного трикотажного полотна различного волокнистого состава, предназначенного для одежды и изделий первого и второго слоя.

3. Приведены рекомендации по выбору рациональной схемы подтверждения соответствия трикотажного полотна, предназначенного для производства швейных изделий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года. – М. : Союзлегпром, 2018. – 63 с.
2. Закон Российской Федерации от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2019).
3. ТР ТС 007/2011. О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2019).
4. ТР ТС 017/2011. О безопасности продукции легкой промышленности // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2019).
5. ТР ТС 019/2011. О безопасности средств индивидуальной защиты // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2019).
6. Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий / М. А. Лысова, И. А. Ломакина, С. В. Лунькова, Б. Н. Гусев. – Иваново : ИГТА, 2012. – 252 с.

## REFERENCES

1. Strategiya razvitiya legkoj promyshlennosti v Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda. – M. : Soyuzlegprom, 2018. – 63 s.
2. Zakon Rossijskoj Federacii ot 27.12.2002 № 184-FZ «O tekhnicheskom regulirovanii» // SPS «Konsul'tantPlyus». – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrashcheniya: 02.10.2019).
3. TR TS 007/2011. O bezopasnosti produkcii, prednaznachennoj dlya detej i podroskov // SPS «Konsul'tantPlyus». – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrashcheniya: 02.10.2019).
4. TR TS 017/2011. O bezopasnosti produkcii legkoj promyshlennosti // SPS «Konsul'tantPlyus». – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrashcheniya: 02.10.2019).
5. TR TS 019/2011. O bezopasnosti sredstv individual'noj zashchity // SPS «Konsul'tantPlyus». – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrashcheniya: 02.10.2019).
6. Matematicheskie metody v proektirovanii i ocenivanii kachestva tekstil'nyh materialov i izdelij / M. A. Lysova, I. A. Lomakina, S. V. Lun'kova, B. N. Gusev. – Ivanovo : IGTA, 2012. – 252 s.

# ДИЗАЙН

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-26-31

17.00.06 Техническая эстетика и дизайн

УДК 669:673.1:673.4:678.5-1:745.5

**Галанин Сергей Ильич**

доктор технических наук, профессор

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

**Жирова Татьяна Игоревна**

магистрант

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

sgalanin@mail.ru; pariisk@yandex.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ИЗ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ПЛАСТИКОВ ДЛЯ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

*Исследована возможность использования 3D-моделей из ряда токопроводящих пластиков для гальванопластики. Экспериментально определены омические сопротивления ряда пластиков, показано, что сопротивление определяется количеством и видом токопроводящего компонента в композиционном материале и зависит от температуры. Проведен сравнительный анализ «затяжки» гальванически осаждаемой медью поверхности ряда токопроводящих пластиков и ABS-пластика с нанесенным при помощи спрея токопроводящим слоем. Показана возможность формирования качественных гальванопластических слоев меди на поверхности 3D-моделей из токопроводящего пластика VOLTA.*

**Ключевые слова:** гальванопластика, гальваническое меднение, токопроводящие пластики, композиционные материалы, 3D-выращивание моделей, омическое сопротивление, «затяжка».

Гальванопластическое изготовление ювелирно-художественных изделий и бижутерии в последнее время становится все популярнее [1–4]. В определенной степени возрождение интереса к этой достаточно старой технологии связано с возможностью относительно дешевого изготовления и тиражирования моделей при помощи современных 3D-технологий. Однако узким местом в процессе изготовления гальванопластических изделий остается формирование на поверхности токопроводящих моделей проводящего слоя. В настоящее время его создают дорогостоящим распылением графитовых токопроводящих композиций или нанесением мелкодиспергированного дорогостоящего металлического (в основном медного) порошка на липкую или электростатически заряженную поверхность модели.

Использование токопроводящих полимерных композиционных материалов для изготовления моделей для гальванопластики может составить серьезную конкуренцию обычным полимерным композициям [5]. Однако в литературе отсутствует какая-либо значимая информа-

ция их применения в гальванопластике. Данная работа посвящена исследованию возможности использования ряда токопроводящих полимерных композиций в качестве материала для моделей, выращенных по 3D-технологиям и предназначенных для гальванопластического меднения.

Преимущество пластмассовых моделей – высокая химостойкость, хорошая растворимость в органических растворителях, низкая температура плавления, возможность механической обработки. Эластичные формы можно изготавливать из композиций на основе каучуков, сополимеров поливинилхлорида и поливинилхлорида с винилацетатом. В гальванопластике применяются следующие полимерные материалы: эпоксидные смолы, поливинилхлорид, акрилаты, полиэтилен, полиметилметакрилат (органическое стекло), полистирол и др. В некоторых случаях модель после наращивания металла удаляют нагреванием.

Для увеличения проводимости, механической прочности и уменьшения усадки эпоксидные составы наполняют порошками железа, меди, алюминия (до 75 %). Пластмассовую форму можно получить литьем, прессованием, механической обработкой. В последнее время стали

популярны аддитивные технологии (3D-печать) для изготовления гальванопластических форм.

При 3D-печати применяются разные виды пластиков (табл.). Все эти пластики могут использоваться в гальванопластике только после покрытия поверхности токопроводящим слоем. Недавно появился новый вид пластика – токопроводящий.

Для исследования использовались три вида пластиков: один токонепроводящий и два токопроводящих.

### 1. Пластик токонепроводящий ABS Best filament.

Параметры печати и свойства: диаметр нити 1,75 мм; температура экструдера 230–260 °С;

температура стола 90–110 °С; скорость печати 40–60 мм/с; усадка при печати 4 %; растворители: дихлорэтан, дихлорметан, ацетон, этилацетат; цвет – салатовый.

ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) – ударопрочная техническая термопластическая смола. Один из самых популярных расходных материалов для 3D-печати: более гибкий, чем PLA, хорошо поддающийся последующей обработке. Напечатанное изделие можно отшлифовать, покрыть грунтом, в дальнейшем – акриловой краской. Обработка ацетоном позволяет сгладить характерные для 3D-печати неровности («ступеньки»).

Т а б л и ц а

Свойства некоторых видов пластиков для 3D-прототипирования

Тип пластика	Температура печати, °С	Температура стола, °С	Обдув	Постобработка	Растворитель	Особенности печати	Цена, руб./кг
PLA	190...220	0...50	Необходим	Затруднительна	Дихлорметан	Необходим хороший обдув модели	1650
ABS	220...260	50...90	В закрытой камере желателен	Отлично	Ацетон	Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола	
PETG	230...250	0...60	Необходим		Метилэтилкетон	Необходим обдув модели	
Polycarbonate	260...300	80...100	В закрытой камере для небольших моделей		Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола, возможность нагрева сопла до 300 °С	2600	
ePA	235...260	60...90					3300
ePA-CF	240...260			–			
eFlex	210...230	40...60	Желателен	Затруднительна	–	Желательна печать на небольших скоростях 15...30 мм/с	2900
Bronze	180...210	0...50	Необходим	Отлично	–	Необходим хороший обдув модели	2300
eCopper	200...220					Бывают проблемы с прилипанием первого слоя	4200
eAfill						–	3900
eStell				Необходим хороший обдув модели	3100		
Wood	190...200	50...90	В закрытой камере желателен	Возможна	Лимонел	Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола	2600
HIPS	240...260						
PVA	190...200	0...50	Необходим	–	Вода	Требуется настройка ретракта из-за текучести	3100

Выбран для исследования из-за распространенности и необходимого комплекса свойств. Перед гальваническим меднением поверхность покрывается токопроводящей графитовой композицией при помощи спрея.

**2. Пластик токопроводящий Conductive ABS-пластик U3Print**, с примесями из углеродного волокна и электропроводящих компонентов.

Параметры печати: диаметр нити 1,75 мм; температура экструдера 210...240 °С; температура стола 100 °С.

Тестовый образец размером 25×25×5 мм выращен на 3D-принтере PP3DP UP-mini с толщиной слоя 0,3 мм (рис. 1).

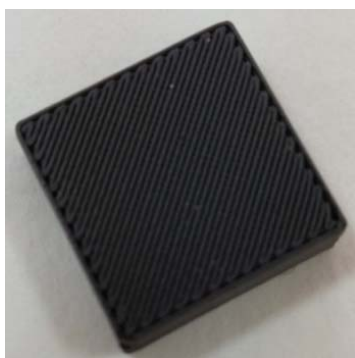


Рис. 1. Тестовый образец из пластика Conductive U3Print

Поверхность пластика покрыта регулярными бороздками, возникающими в результате 3D-печати. Плоская сторона 25×25 мм располагалась на столе при выращивании. В результате тестовых измерений обнаружено отсутствие на ней омического сопротивления, которое присутствует на других сторонах образца. В результате рассмотрения поверхности тестового образца и нити под микроскопом ММУ при увеличении ×200 обнаружены следующие особенности (рис. 2).

Поверхность пластика блестящая, черного цвета, что, скорее всего, связано с наличием графита. По структуре пластик относительно однороден, с включениями, похожими на металлические. Включения белого цвета (из-за отражения света), различного размера, от мелкой пыли до крупных кристаллов (рис. 2а, б, в). Гальванически осаждаемая медь формируется вокруг этих включений (рис. 2г). На токопроводящей стороне пластика включений примерно в полтора раза больше, чем на токонепроводящей, и они крупнее. На торцах образца наблюдаются четкие границы слоев роста. Между слоями ярко выраженное скопление металлических включений, как бы спрессованных между собой (рис. 2д), что связано с процессом печати. Структура поверхности пластика на образце и на нити практически идентична, за исключением более гладкой поверхности нити (рис. 2е).

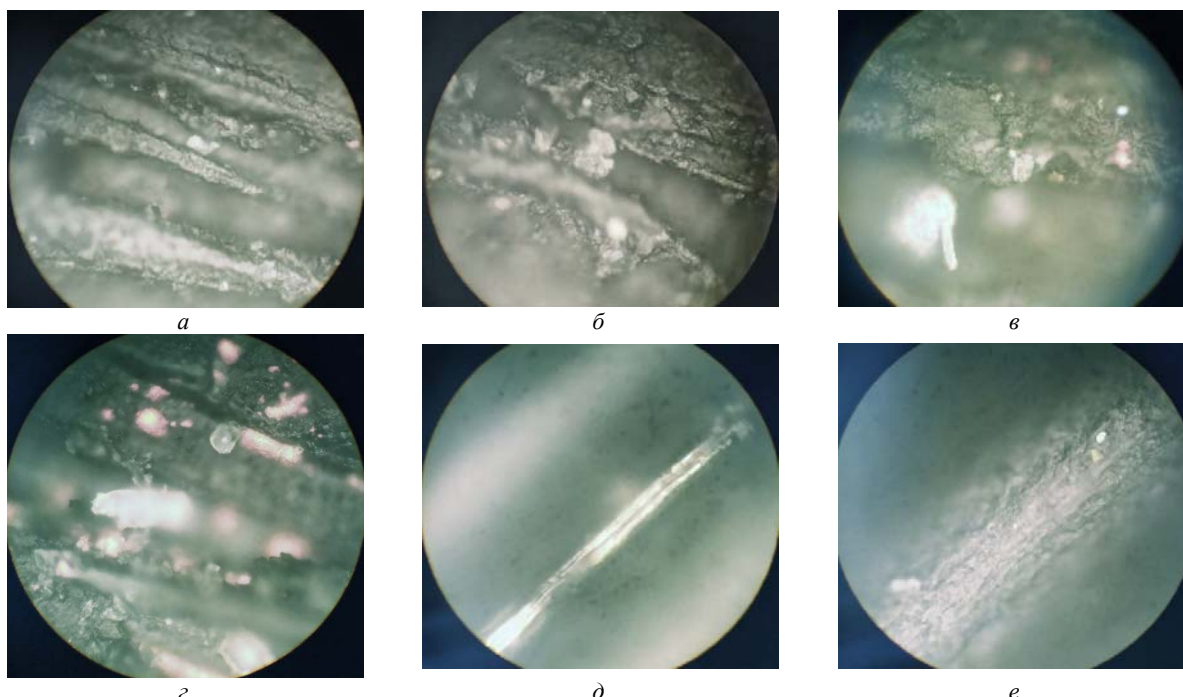


Рис. 2. Фотографии поверхности пластика при увеличении ×200:

а, б, в – включения на поверхности образца; г – осажденная медь вокруг включений; д – скопление включений на торцах образца; е – включения на поверхности нити из пластика

Попытки получить сплошное гальваническое покрытие меди из сернокислого электролита на поверхности тестового образца оказались безуспешными. Напряжения на источнике питания в 15 В оказалось недостаточно, предположительно из-за высокого омического сопротивления пластика. Для измерения сопротивления использовалась нить длиной 10 см. Отмечен рост омического сопротивления пластика при его механической деформации. Поэтому сопротивление в зависимости от длины нити измерялось при помощи тестера (омметра) при жесткой фиксации нити между механическими зажимами.

Явно линейная зависимость омического сопротивления пластика Conductive U3Print от длины нити представлена на рис. 3.

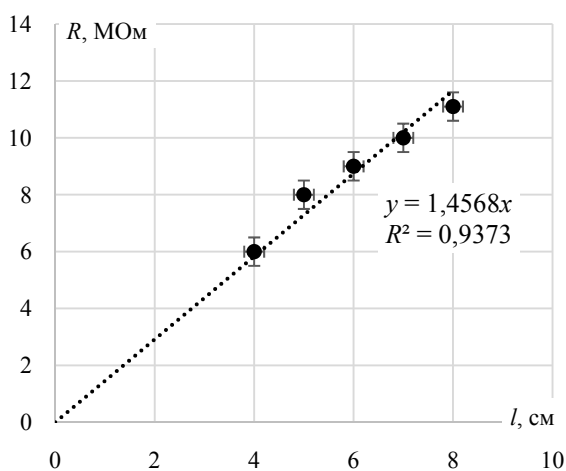


Рис. 3. Зависимость омического сопротивления пластика Conductive U3Print от длины нити

Нестабильность значений сопротивления при механической деформации можно объяснить тем, что токопроводящий компонент в состав пластика входит в виде не связанных друг с другом частиц. Кроме того, данный пластик является очень хрупким и горючим материалом.

Анализ экспериментальных данных показал, что пластик Conductive U3Print для формирования гальванопластических осадков на поверхности моделей не подходит в связи с высоким омическим сопротивлением.

**3. Токопроводящий пластик VOLTA** – химически стойкий композитный филамент. Основа композита – полипропилен.

Параметры печати: температура сопла 220..235 °С; температура печатного стола 95..100 °С; скорость печати до 100 мм/с; минимальный диаметр сопла от 0,25 мм; минимальная высота слоя 0,1 мм.

Измерения сопротивления проводились аналогично, как и для Conductive ABS-пластика

U3Print. Также при увеличении деформации сопротивление пластика значительно росло. Зависимость омического сопротивления от длины нити также линейная, но сопротивление пластика VOLTA оказалось на три порядка ниже (рис. 4).

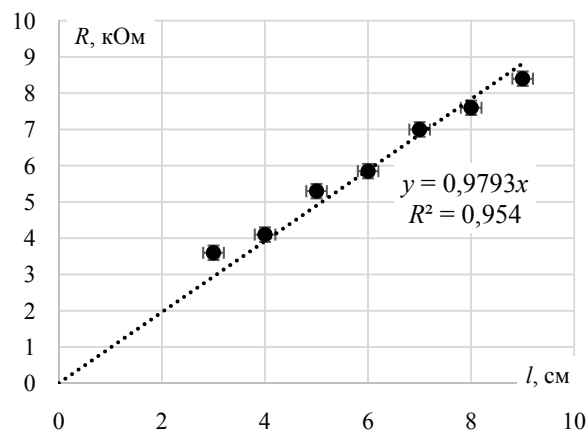


Рис. 4. Зависимость омического сопротивления пластика VOLTA от расстояния между электродами

Дополнительно измерялось омическое сопротивление пластика в дистиллированной воде при различной температуре. С ростом температуры омическое сопротивление пластика VOLTA уменьшается (рис. 5).

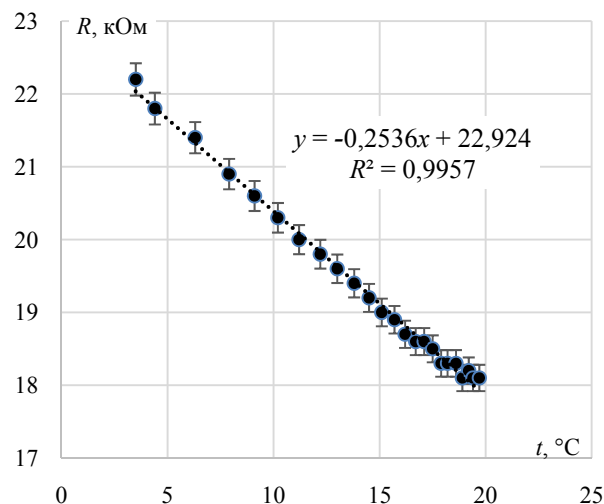
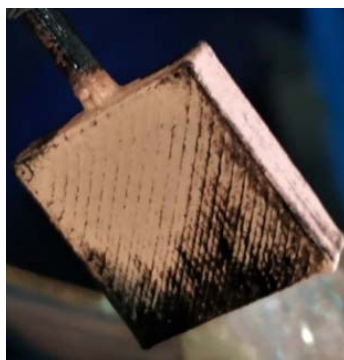


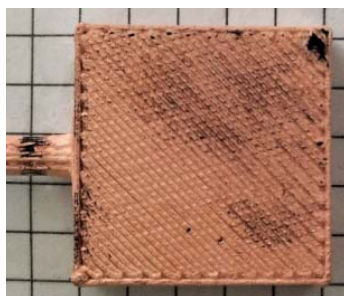
Рис. 5. Зависимость сопротивления пластика VOLTA от температуры

Анализ экспериментальных данных позволяет предположить, что токопроводящий пластик VOLTA может быть использован в качестве материала для гальванопластических моделей.

Для проверки возможности гальванического осаждения медного покрытия на токопроводящий пластик напечатан тестовый образец из пластика VOLTA в виде параллелепипеда



а



б



в



г

**Рис. 6. Последовательность «затяжки» металлом поверхности образца из токопроводящего пластика VOLTA**

20×20×5 мм на 3D-принтере PP3DP UP-mini с толщиной слоя 0,3 мм. С одного торца для удобства крепления образца в гальванической ванне предусмотрен токоподвод (рис. 6). Усадка образца составила 7,8 % по длине и 9 % по толщине, что больше, чем у обычного ABS-пластика.

Сам процесс формирования гальванопластического покрытия на тестовом образце из пластика VOLTA отличается от аналогичного процесса на графитизированной поверхности токонепроводящего пластика. На образцах из токонепроводящего пластика, покрытых тонкой токопроводящей пленкой графита с помощью специального спрея, металлическое покрытие при гальваническом осаждении начинает свой рост от точек токоподвода, постепенно покрывая всю поверхность образца. На поверхности токопроводящего пластика, в связи с наличием «внутренних» токоподводов из токопроводящего наполнителя, формирование металлического покрытия начинается сразу на всей поверхности, т. е. точки начальной кристаллизации расположены по всей поверхности образца. В результате скорость «затяжки» поверхности первичным слоем металла выше, и сам слой более равномерен по толщине на различных участках поверхности (см. рис. 6).

#### ВЫВОДЫ

1. Проведенные экспериментальные исследования показали практическую возможность использования ряда токопроводящих пластиков, обладающих относительно небольшим омическим сопротивлением, в качестве материала для гальванопластических моделей, изготавливаемых при помощи 3D-печати.

2. Токпроводящие пластики имеют ряд преимуществ перед токонепроводящими: во-первых, отсутствует необходимость дополнительного формирования токопроводящего слоя на поверхности; во-вторых, процесс «затяжки» поверхности происходит с большим количеством центров кристаллизации, в результате чего покрытие формируется быстрее и более однородно по толщине.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства. – М. : СПМ-Индустрия, 2017. – 511 с.
2. Груздева Л. А., Галанин С. И. Особенности гальванопластического формирования осадков из сернокислых электролитов меди // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Кострома, 4 апреля 2019 г.) / сост. Н. Н. Муравская. – Кострома : Костром. гос. ун-т, 2019. – С. 94–98.

3. Галанин С.И. Влияние социокультурной среды на формирование рынка ювелирных изделий и бижутерии // Костромской гуманитарный вестник. – 2014. – № 1(7). – С. 74–77.
4. Котова К. В., Галанин С. И. Модные тренды и бижутерия // Технологии и качество. – 2019. – № 2(44). – С. 26–33.
5. Галанин С. И. Художественное материаловедение: неметаллические материалы : в 2 ч. Ч. 1. Полимеры : учеб. пособие. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2007. – 79 с.

## REFERENCES

1. Galanin S. I., Arnol'di N. M., Zezin R. B. Tekhnologiya yuvelirnogo proizvodstva. – M. : SPM-Industriya, 2017. – 511 s.
2. Gruzdeva L. A., Galanin S. I. Osobnosti gal'vanoplasticheskogo formirovaniya osadkov iz sernokislyh elektrolitov medneniya // Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (Kostroma, 4 aprelya 2019 g.) / sost. N. N. Muravskaya. – Kostroma : Kostrom. gos. un-t, 2019. – S. 94–98.
3. Galanin S.I. Vliyanie sociokul'turnoj sredy na formirovanie rynka yuvelirnyh izdelij i bizhuterii // Kostromskoj gumanitarnyj vestnik. – 2014. – N 1(7). – S. 74–77.
4. Kotova K. V., Galanin S. I. Modnye trendy i bizhuteriya // Tekhnologii i kachestvo. – 2019. – N 2(44). – S. 26–33.
5. Galanin S. I. Hudozhestvennoe materialovedenie: nemetallicheskie materialy : v 2 ch. CH. 1. Polimery : ucheb. posobie. – Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2007. – 79 s.



DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-32-36

05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации  
УДК 004.912

**Барило Илья Иванович**

кандидат технических наук

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

mail@barilo.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ТЕСТОВОГО СЛОВАРЯ ПЕРЕВОДА

*В статье рассмотрены особенности внедрения программного обеспечения (ПО) для локализации разрабатываемого ПО на начальном этапе его разработки; составлен список проблем, необходимых к рассмотрению при выборе ПО для локализации; предложен вариант решения основных проблем путем разработки функции построения тестового словаря, позволяющего масштабировать его под разрабатываемое ПО; представлены результаты исследования ряда существующих словарей локализации популярного ПО; сделан вывод о необходимости расчета значений параметров функции построения в зависимости от типа ПО; проведен анализ словарей локализации и подготовлен ряд параметров функции построения тестового словаря под требования разработчика.*

**Ключевые слова:** локализация, словарь, параметры, разработка, нагрузочное тестирование, программный продукт, длина текстового фрагмента.

Локализация программного продукта является важной частью его разработки, позволяет сделать интерфейс более понятным и удобным пользователю, а также расширяет целевую аудиторию пользователей программы.

Перед разработчиками программного обеспечения (ПО) встает вопрос выбора оптимального инструмента локализации для своего ПО, которое должно быть интегрировано в процесс его разработки, а также корректно работать в составе разрабатываемого ПО.

Для этого разработчикам необходимо провести тестирование различных инструментов локализации, которые, как правило, объединяет наличие словаря, содержащего локализованные фразы, подставляемые в ресурсы разрабатываемой программы и, в частности, ее интерфейс.

Одной из проблем тестирования является отсутствие на начальном этапе разработки ПО достаточного объема кода и словаря локализации, которые не позволяют корректно провести нагрузочное тестирование [1].

Еще одной проблемой в ряде случаев является замедление скорости подстановки слов из увеличенного словаря. Так, некоторые инструменты локализации производят интеграцию

своих модулей в разрабатываемое ПО и выполняют подстановку необходимых локализованных фраз при работе программы, что при дальнейшем увеличении количества фраз в словаре приведет к замедлению работы разрабатываемой программы.

Скорость процесса локализации при работе программы зависит от количества фраз в программе для перевода и объема словаря локализации. В случае подстановки слов в процессе работы программы ключевым фактором замедления работы программы является объем словаря.

Из перечисленных проблем, влияющих на скорость локализации, основными являются:

- количество фраз в исходном коде;
- количество фраз в словаре;
- количество фраз в программе для локализации.

В ходе исследования последняя из перечисленных проблем была исключена из задачи разработки параметров масштабируемого словаря, так как она зачастую зависит от языка программирования, формы представления ресурсов и пр. Кроме того, данный пункт обычно можно легко линейно интерполировать.

Для нагрузочного тестирования программы локализации необходимо проверить ее работу при большом количестве фраз в словаре, до

которого теоретически может вырасти объем словаря в будущем.

Ключевым фактором, влияющим на объем словаря, кроме количества слов в нем, являются длины фраз, так как в интерфейсе программы могут быть как короткие фразы, так и длинные пояснения, которые повлияют на скорость подбора локализованного фрагмента.

Для решения перечисленных проблем предлагается использовать функцию с набором параметров, позволяющую формировать тестовый словарь для нагрузочного тестирования средств локализации разрабатываемого ПО.

Для определения параметров функции были выбраны крупные известные проекты с открытым исходным кодом. В качестве объекта исследования были использованы файлы перевода в формате \*.po, в которых не только перечислены исходные строки и строки переводов, но и количество ссылок на них из программы, а также другая информация.

Формат файлов переводов и особенности локализации выбранных проектов не имеют значения, так как в ходе исследования определяются параметры функции, которые влияют на содержание словаря, а не на его форму представления и особенности его использования.

Кроме определения параметров, необходимо рассчитать их значения, а также проверить влияние на них особенностей и назначения разрабатываемой программы.

Для расчета параметров масштабируемого словаря локализации были использованы словари популярных программ, в которых процент перевода фраз выше 90 %:

- Lazarus (Fast Pascal) [2];
- Gimp [3];
- Inkscape [4];
- FileZilla [5];
- Dia [6];
- PostgreSQL [7].

Для дальнейшего анализа словарей проведено их объединение в единый словарь с удалением дублирующей информации. Распределение количества фрагментов слов в зависимости от их длины отражено на рис. 1.

Все рассмотренные в исследовании словари для ключевых слов используют английский язык, и именно по нему были рассчитаны параметры словаря.

Следует отметить, что в используемых форматах файла словарей перевода ключевые слова совпадают с исходным текстом фраз, поэтому формат файла не влияет на расчеты.

Из рис. 1 видно, что для построения тестового словаря перевода можно использовать диапазон от 1 до 500 слов, игнорируя остальные для упрощения параметров функции его создания.

Из графика (рис. 2) видно, что наибольшее значение в распределении длин фрагментов текстов имеет диапазон от 1 до 100.

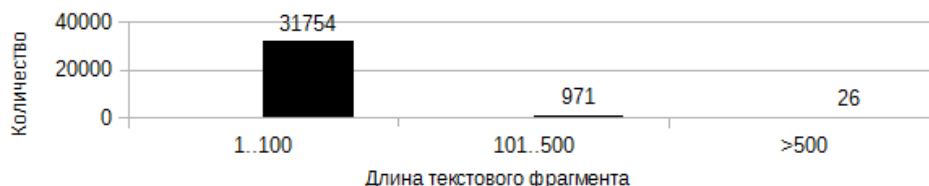


Рис. 1. Количество слов, учитываемых в исследовании

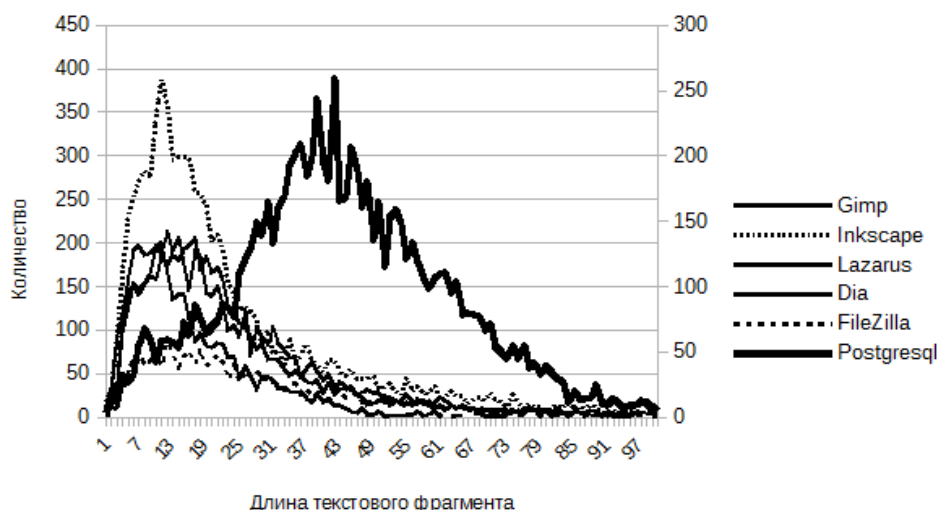


Рис. 2. Распределение количества фрагментов текста в словарях с учетом их длины

Из графика на рис. 3 видно, что словарь для программы PostgreSQL существенно отличается от словарей других программ. Для PostgreSQL характерно минимальное количество с наименьшей длиной и наибольшее количество переводимых фрагментов в диапазоне длин 50...80. Рассмотренные программы являются яркими представителями программ с оконными интерфейсами, обладающих большим количеством элементов форм и подсказок, в то время как PostgreSQL имеет консольную часть и содержит более длинные текстовые сообщения.

На основе такого явного отличия параметров текста в словарях был сделан вывод, что для разных типов ПО следует использовать различные значения параметров функции построения тестового словаря для каждого типа ПО, поэтому из дальнейшего исследования исключен PostgreSQL.

В связи с этим график исходных данных приобрел вид, представленный на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что для основного анализа текста подходят те же диапазоны, которые были указаны ранее. Рассмотрим графики по основным выявленным периодам со значениями для каждой программы.

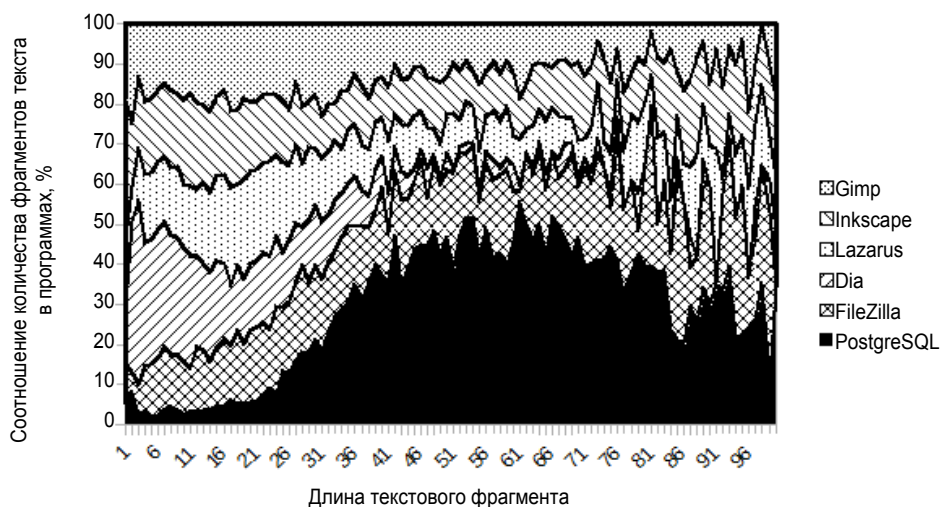


Рис. 3. Соотношение количества переводимых текстовых фрагментов в программах в зависимости от их длины

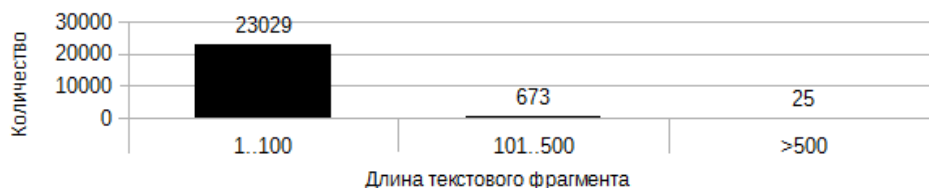


Рис. 4. Количество слов, учитываемое в исследовании

График на рис. 5 показывает, что соотношение длин текстовых фрагментов в словарях для анализируемых программ стало более схожим.

На основании полученных результатов исследования был построен усредненный график (см. рис. 5) по всем программам с указанием процентного соотношения количества фрагментов и их периода длины фрагментов текста.

График на рис. 6 также подтверждает схожую для всех программ зависимость количества текстовых фрагментов от их длины.

На рис. 6 видно, что для всех программ средние длины текстовых фрагментов по выбранным периодам примерно совпадают, поэтому был построен усредненный график (рис. 7).

Для каждого диапазона был проведен расчет средних значений длины для дальнейшего масштабирования. Рассчитанные значения представлены на рис. 8.

Рассчитанные диапазоны, представленные на рис. 7, позволяют использовать их в качестве параметров функции для построения словаря произвольного размера для нагрузочного тестирования разрабатываемого ПО, учитывающего дальнейший рост объема словаря локализации.

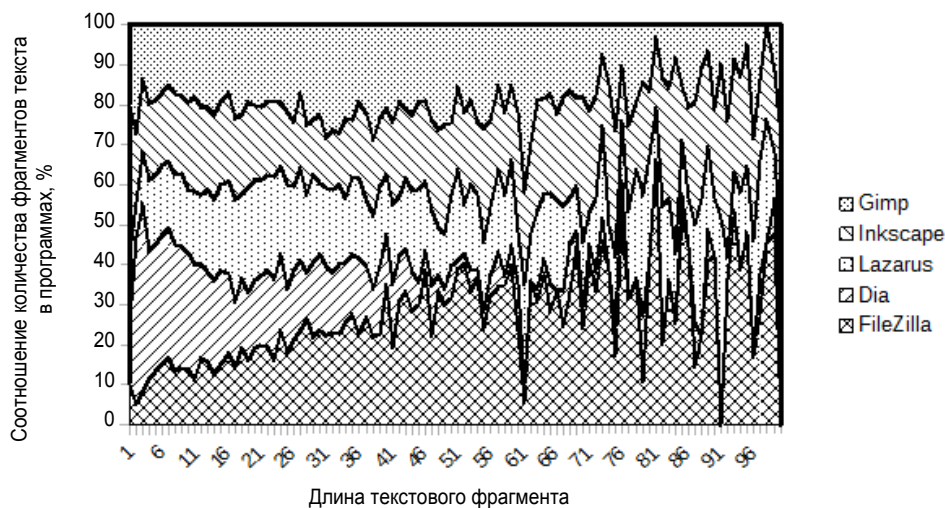


Рис. 5. Соотношение количества переводимых текстовых фрагментов в программах в зависимости от их длины

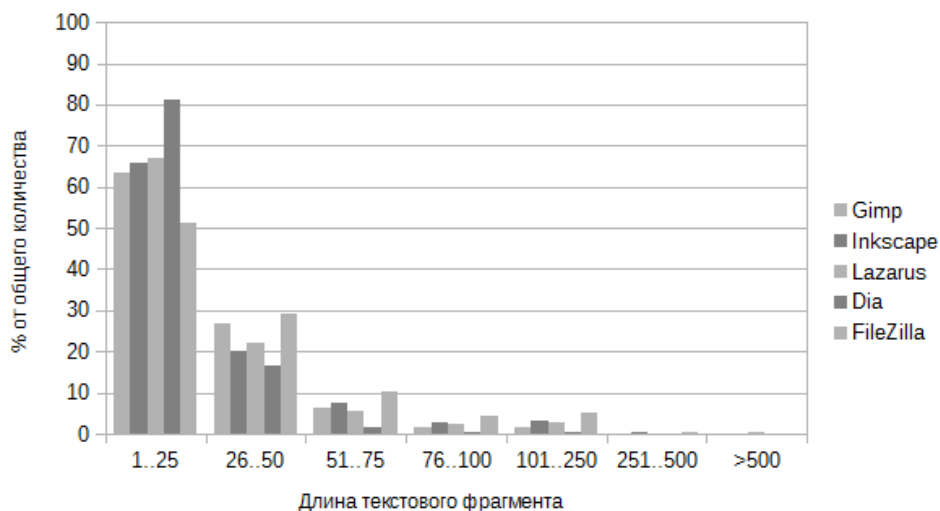


Рис. 6. Распределение количества текстовых фрагментов в зависимости от их длины для каждой программы

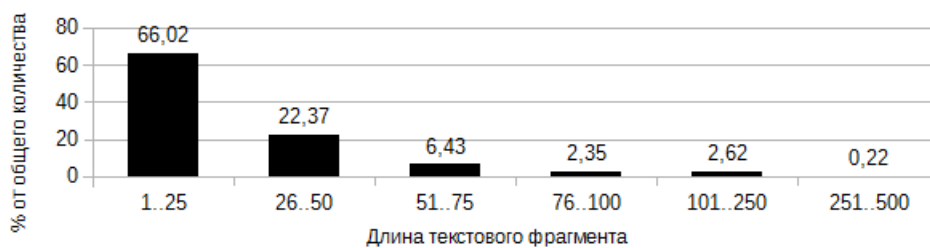


Рис. 7. Распределение количества текстовых фрагментов в зависимости от их длины

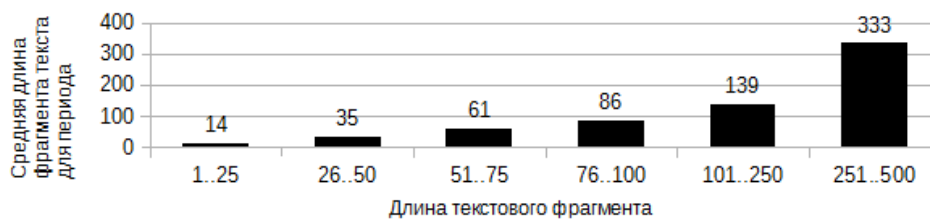


Рис. 8. Средняя длина текстовых фрагментов для каждого периода длин

Значения из графика, представленного на рис. 8, можно использовать в качестве значений параметров функции в случае разрабатываемой программы, схожей с рассмотренными проектами, имеющими оконный интерфейс, обладающими большим количеством элементов форм и подсказок без консольной части.

Определение значений параметров по всем видам ПО и их зависимость от особенностей ПО выходит за рамки данного исследования.

Таким образом, в процессе определения параметров функции построения тестового словаря переводчика был проведен анализ основных характеристик, влияющих на скорость локализации программы, на основе словарей локализации популярных проектов.

Сделан вывод, что для построения тестового словаря функции необходимы 13 парамет-

ров: количество слов в словаре, набор из шести коэффициентов для определенных периодов длин (см. рис. 7) и соответствующих им средних значений (см. рис. 8).

Выявлены зависимости параметров функции построения тестового словаря от особенностей ПО, что указывает на необходимость использования различных коэффициентов и средних значений длин.

В исследовании рассчитаны значения для программ, имеющих оконный интерфейс и обладающих большим количеством элементов форм и подсказок.

Определены параметры функции построения тестового словаря для нагрузочного тестирования ПО локализаторов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уиттакер Дж., Арбон Дж., Каролло Дж. Как тестируют в Google. – СПб. : Питер, 2014. – 320 с. : ил.
2. All Free Pascal sources. – URL: <https://svn.freepascal.org/svn/lazarus/trunk/languages> (дата обращения: 03.02.2020).
3. Translation of GIMP to Russian. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/gimp.master/gimp.master.ru.po> (дата обращения: 03.02.2020).
4. Inkscape. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/gimp.master/gimp.master.ru.po> (дата обращения: 03.02.2020).
5. Translation of ru.po. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/gimp.master/gimp.master.ru.po> (дата обращения: 03.02.2020).
6. Dia 0.97. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/dia.master/dia.master.ru.po> (дата обращения: 04.02.2020).
7. Postgres. – URL: [https://github.com/postgres/postgres/releases/tag/REL\\_11\\_6](https://github.com/postgres/postgres/releases/tag/REL_11_6) (дата обращения: 03.02.2020).

#### REFERENCES

1. Uittaker Dzh., Arbon Dzh., Karollo Dzh. Kak testiruyut v Google. – SPb. : Piter, 2014. – 320 s. : il.
2. All Free Pascal sources. – URL: <https://svn.freepascal.org/svn/lazarus/trunk/languages> (data obrashcheniya: 03.02.2020).
3. Translation of GIMP to Russian. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/gimp.master/gimp.master.ru.po> (data obrashcheniya: 03.02.2020).
4. Inkscape. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/gimp.master/gimp.master.ru.po> (data obrashcheniya: 03.02.2020).
5. Translation of ru.po. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/gimp.master/gimp.master.ru.po> (data obrashcheniya: 03.02.2020).
6. Dia 0.97. – URL: <https://110n.gnome.org/POT/dia.master/dia.master.ru.po> (data obrashcheniya: 04.02.2020).
7. Postgres. – URL: [https://github.com/postgres/postgres/releases/tag/REL\\_11\\_6](https://github.com/postgres/postgres/releases/tag/REL_11_6) (data obrashcheniya: 03.02.2020).

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-37-42

05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации  
УДК 004.414; 004.414.38; 004.415.28

**Сергунин Артем Андреевич**

магистрант

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия  
sergunin44@mail.ru

**Киприна Людмила Юрьевна**

кандидат технических наук, доцент

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия  
L\_kiprina@ksu.edu.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ СТЕЙКХОЛДЕРОВ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

*Статья посвящена комплексному исследованию различных факторов, влияющих на выбор методов управления требованиями к ПО. К таким факторам авторы относят тип проекта и тип стейкхолдеров. Для поиска взаимосвязи между различными типами стейкхолдеров, формами взаимодействия с ними и методами работы с требованиями проанализировано описание реальных ИТ-проектов, включающее перечень задач, которые выполнялись в рамках аналитических работ, и в том числе методы работы с требованиями. По результатам исследования сформулированы рекомендации по выбору методов работы с требованиями на основании типа стейкхолдеров, позволяющие повысить эффективность процесса разработки ПО.*

**Ключевые слова:** ИТ-проекты, классификация ИТ-проектов, программное обеспечение, стейкхолдеры, методы разработки требований к программному обеспечению, методы сбора требований, управление требованиями.

Процесс управления требованиями традиционно считается одним из ключевых при разработке информационных систем. Опыт индустрии информационных технологий показывает, что вопросы, связанные с управлением требованиями, оказывают очень важное влияние на программные проекты, а иногда и на сам факт возможности успешного завершения проектов.

Неформальный сбор информации, ошибочные и несогласованные требования к системе, нерегламентированная процедура изменения требований – все это приводит к ошибкам, которые составляют до 60 % всех дефектов проекта [1]. Тем не менее многие компании до сих пор применяют неэффективные методы управления требованиями при разработке ИС. Типичный результат данного подхода – серьезные различия между тем, что хотел заказчик, и тем, как это понял и реализовал разработчик. Поэтому очень важно выбрать релевантные методы работы с требованиями.

На сегодняшний день существует большое количество публикаций, посвященных управлению требованиями. Много внимания в различных публикациях уделяется методам выявления требований. Так, для повышения эффективности процесса управления требованиями

к программному обеспечению при разработке информационных систем рассматриваются подходы к формализации текста пользовательских требований [2]. Р. А. Вартамян приводит описание разных методов извлечения требований и их сравнительный анализ, однако, автор сам подчеркивает, что перед выбором метода необходимо ознакомиться со спецификой их использования, не раскрывая этот вопрос [3].

Для сложных проектов предлагается подход фиксирования требований для их последующего анализа, проверки и согласования на основе их классификации и формирования соответствующей модели с размещением в базе знаний [4].

Ряд работ представляет подходы к определению бизнес-требований: Ю. Ехлаковым предложен подход к разработке шаблонов бизнес-требований и требований пользователей к программному продукту, основанный на использовании содержательных моделей системного анализа [5]; С. Е. Тынянова и Н. С. Ростовский описывают разработку бизнес-требований к автоматизирующему программному обеспечению [6].

Большое внимание уделяется методам работы с требованиями с учетом методологии разработки [7–9], конкретной сферы применения ИС [10–11], созданию и использованию инструментальных средств управления требованиями [12].

Все эти публикации подчеркивают важность процедур управления требованиями, но, как правило, акцент каждый раз делается только на одном аспекте.

Отдельно хочется остановиться на фундаментальном труде [13], в котором наиболее полно раскрываются вопросы работы с требованиями к ПО, в том числе с точки зрения их формирования с участием заказчиков и будущих пользователей. Но достаточно общий характер рекомендаций издания не позволяет специалисту в сфере ИТ, особенно начинающему, применить их для решения задач управления требованиями, возникающих в типовом проекте [14], но с учетом особенностей стейкхолдеров проекта.

Целью исследования является разработка рекомендаций по выбору эффективных методов работы с требованиями с учетом специфики конкретных ИТ-проектов.

В ходе проведенного исследования были решены следующие задачи:

- анализ специфики реализованных ИТ-проектов для выявления факторов, влияющих на выбор методов управления требованиями к программному обеспечению, в частности, подходов к формированию требований;
- установление взаимосвязи между различными специфическими факторами ИТ-проекта и методами работы с требованиями.

Как было представлено нами ранее [15], одним из факторов, влияющих на выбор методов работы с требованиями, является тип проекта, определяемый по различным классификационным признакам. Для определения других факторов проанализируем начальный этап работы с требованиями на новом проекте.

На первом этапе необходимо изучить предметную область проекта, которая существенно влияет на все составляющие проекта. Исследование предметной области дает возможность:

- познакомиться с заказчиками;
- определить будущих пользователей системы;
- обозначить цели и задачи, которые должна решать разрабатываемая система;
- определить источники получения требований;
- выявить первоначальные требования;
- определить границы проекта, позволяющие зафиксировать функционал на первую версию продукта и оценить трудозатраты;
- согласовать форму и перечень документов с требованиями.

Очевидно, что на этом этапе важная роль в формировании требований принадлежит стейкхолдерам.

Для поиска взаимосвязи между различными типами стейкхолдеров, формами взаимодействия с ними и методами работы с требованиями была проанализирована информация по двадцати реализованным проектам. Для исследования были отобраны проекты, которые разрабатывались «с нуля», и проекты, переданные компании для доработки. Принимались во внимание:

- назначение ИС;
- тип проекта, в соответствии с ранее принятой классификацией [14];
- перечень аналитических задач, выполненных в процессе разработки системы;
- используемые методы сбора требований [15];
- перечень документов, созданных на этапе формирования требований;
- превышение сроков разработки и причины выхода за границы проекта.

В табл. 1 представлены результаты исследования взаимосвязи переноса срока сдачи проектов с проблемами, возникшими при разработке требований.

Анализ причин переноса сроков сдачи проектов позволяет сделать вывод о том, что они вызваны ошибками при работе с требованиями, которые в свою очередь обусловлены проблемами работы со стейкхолдерами, которые слишком часто меняли свои требования к разрабатываемому продукту. Это происходило как по причине непостоянства предпочтений стейкхолдеров, так и из-за внешних изменений (законодательство, смена руководства, экономические факторы и т. д.).

Чтобы избежать таких ситуаций, важно выбрать эффективные методы сбора, анализа и документирования требований еще на этапе процесса планирования управления требованиями. Для этого необходимо определить наличие препятствий, связанных с работой со стейкхолдерами.

К первому типу препятствий можно отнести ситуацию, когда стейкхолдеры не знают точно, чего именно хотят от разрабатываемой системы, либо не могут определиться с выбором того или иного решения.

Ко второму типу препятствий относится ситуация, когда стейкхолдеры обладают всей необходимой информацией и знают, чего именно хотят от системы, но из-за переизбытка информации не могут это сформулировать и передать нужную информацию участникам команды разработки.

К третьему типу препятствий относится ситуация, когда стейкхолдеры думают, что знают и понимают свои требования и потреб-

ности, но при предоставлении им готового продукта оказывается, что он не соответствует их ожиданиям.

Т а б л и ц а 1

Взаимосвязь переноса срока сдачи проектов с проблемами, возникающими при разработке требований

Превышение сроков	Методы работы с требованиями	Причины проблем на проектах, связанные с требованиями
<b>Система фотовидеофиксации автомобильных номеров</b>		
9 дней	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интервьюирование;</li> <li>изучение существующей документации;</li> <li>мозговой штурм;</li> <li>описание сценариев;</li> <li>автозапись</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Постоянные разногласия между стейкхолдерами по поводу необходимости того или иного функционала;</li> <li>постоянное изменение требований;</li> <li>небольшой опыт разработчиков в работе с выводом изображения в браузере;</li> <li>длительное ожидание документа с описанием API для подключения видеоаналитических устройств</li> </ul>
<b>Система регистрации контрафактной продукции</b>		
2 месяца	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интервьюирование;</li> <li>описание сценариев;</li> <li>автозапись</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Частое изменение требований со стороны заказчика;</li> <li>редкая доступность заказчика для уточнения и согласования требований</li> </ul>
<b>Доработка системы удаленного мониторинга датчиков</b>		
2 месяца	<ul style="list-style-type: none"> <li>Изучение имеющейся документации;</li> <li>составление опросных листов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Полученное техническое задание не имело функциональных требований, не было структурировано и содержало общее описание системы;</li> <li>заказчик плохо разбирался в технической сфере, из-за чего требовал сложного функционала в кратчайшие сроки;</li> <li>полученная на доработку версия ПО имела множество ошибок, которые сказывались на работоспособности отдельных функций и всего приложения в целом</li> </ul>
<b>Разработка системы для изучения иностранных языков</b>		
3 месяца	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интервьюирование заказчика;</li> <li>описание сценариев;</li> <li>прототипирование;</li> <li>изучение аналогичных систем</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заказчик не мог определиться со своими предпочтениями, из-за чего приходилось постоянно менять требования, прототипы и код</li> </ul>

К следующему типу препятствий относится ситуация, когда участники со стороны команды разработки, обладая определенным опытом в предметной области проекта, думают, что они знают потребности стейкхолдеров лучше, чем сами заинтересованные лица. В результате готовый продукт также может не соответствовать ожиданиям стейкхолдеров.

Два последних типа препятствий могут принести наибольшие трудозатраты проекта, так как продукт готов и потребуются повторное уточнение требований, переработка спецификаций и программного кода.

Наилучшие методы сбора требований для вышеописанных ситуаций (по результатам анализа проектов) приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Степень применимости методов выявления требований в зависимости от типа препятствий, связанных со стейкхолдерами

Название метода	Ситуация 1	Ситуация 2	Ситуации 3, 4
Интервьюирование	+	+++	+++
Анализ существующей документации	++		+
Мозговой штурм	+++	++	++
Семинар	+++	+++	+++
Контекстная диаграмма	++	+++	
Бизнес-моделирование	++	++	+++
Прототипирование	+++	+++	+++
Анкетирование	++	++	+
Обыгрывание ролей		+	
Работа «в поле»	+	++	++
Представитель заказчика в компании разработчика		+	++
Совещание	+	+	++
Автозапись		+	
Применение прецедентов		++	+++



**Результаты исследования.** На основании анализа взаимосвязи проблем, связанных со стейкхолдерами, и методами выявления требований были сформулированы следующие рекомендации по выбору релевантных подходов фиксации требований:

1. Когда заказчики не знают, чего именно они хотят, основная задача – провести мозговой штурм, организовать семинар и по результатам этих мероприятий разработать прототипы с их последующим согласованием с заказчиком.

2. В ситуации, когда заказчик знает требования к разрабатываемой системе, но не может их сформулировать, либо у него слишком большое количество различных идей по реализации, либо он просто не знает, какую информацию необходимо рассказать, могут помочь техники, связанные с интервьюированием. Особенно будет полезной в этой ситуации построение контекстной диаграммы, в которой возможно определение границ будущей системы. И, естественно, прототипы, которые демонстрируются заказчику с целью согласования общего понимания требований к продукту.

3. В ситуации, когда заказчики или команда разработки думают, что точно понимают требования к системе, очень важно регулярно составлять список уточняющих вопросов для заказчика и после получения ответов разрабатывать прототипы и блок-схемы бизнес-процессов для быстрого нахождения разногласий в понимании требований к системе.

Фиксация полученных требований происходит в виде документов, прототипов и диаграмм. Выбор тех или иных артефактов для фиксации требований зависит как от сложности и масштабов проекта, так и от специфики заказчика.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о том, что в случаях, когда у заказчика мало времени на проверку многостраничных спецификаций либо у заказчика отсутствуют технические знания, наиболее подходящими для согласования требований артефактами будут служить прототипы экранных форм, блок-схемы и диаграммы, а написанные концепции и спецификации используются только внутри команды исполнителей для разработки продукта по детализированному описанию требований.

## ВЫВОДЫ

Исследование реализованных ИТ-проектов позволило сделать выводы о том, что на успешность результатов разработки ПО негативно влияют:

- игнорирование типа стейкхолдеров;
- неправильная форма взаимодействия с ними;
- выбор нерелевантных способов фиксации требований.

Учет этих факторов при определении методов формирования требований позволит уменьшить количество ошибок при работе с требованиями и, как следствие, повысить эффективность процессов разработки ИС.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байкин А., Новичков А. Пять уровней зрелости требований // IBM : офиц. сайт компании. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/r-requirements> (дата обращения: 10.03.2020).
2. Егоров Ю. С., Милов Д. В., Степанова Е. В. Выявление и описание пользовательских требований к программному обеспечению // Информационные системы и технологии (ИСТ-2017) : материалы докл. XXIII Междунар. науч.-техн. конф. – Нижний Новгород, 2017. – С. 72–76.
3. Вартамян Р. А. Сравнительный анализ методов извлечения требований к программному обеспечению // Актуальные научные исследования в современном мире. – Переяслав-Хмельницкий [Украина] : Институт социальной информации, 2019. – Вып. 11(55), т. 8. – С. 10–13.
4. Пищикова Е., Комличенко В. Н. Техники выявления требований к разработке ПО // Естественные и математические науки в современном мире : сб. ст. XXVI Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск : СибАК, 2015. – № 26. – С. 42–48.
5. Ехлаков Ю. П. Шаблоны бизнес-требований и требований пользователей к программному обеспечению производственно-технологического типа // Доклады ТУСУР. 2019. № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shablony-biznes-trebovaniy-i-trebovaniy-polzovateley-k-programmno-mu-obespecheniyu-proizvodstvenno-tehnologicheskogo-tipa> (дата обращения: 10.03.2020).
6. Тынянова С. Е., Ростовский Н. С. Разработка бизнес-требований к автоматизирующему программному обеспечению // Аллея Науки. – 2018. – № 11(27), т. 6. – С. 862–865.
7. Леффингуэлл Д., Уидриг Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход. – М. : Вильямс, 2002. – 448 с.

8. Еременко А. В., Кийкова Е. В. Специфика описания функциональных требований в гибких методологиях разработки программного обеспечения // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. – Новосибирск, 2015. – С. 67–71.
9. Управление требованиями в Agile: что это значит? // Управление проектами : блог компании. – URL: <https://www.pmooffice.by/blog/agile/spetsifikatsii-trebovaniy-v-proektah-s-gibkoy-agile-razrabotkoy.html> (дата обращения: 10.03.2020).
10. Управление требованиями с инструментами линейки IBM Rational и IBM Telelogic // Интерфейс Ltd. : офиц. сайт компании. – URL: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=23098> (дата обращения: 10.03.2020).
11. Технологический процесс управления требованиями. – URL: <http://src-code.net/technologicheskij-process-pravleniya-trebovaniyami> (дата обращения: 10.03.2020).
12. Практический опыт реализации подходов программной и системной инженерии для управления требованиями при разработке программного обеспечения в авиационной отрасли / И. В. Ковернинский, А. В. Кан, В. Б. Волков, Ю. С. Попов, Н. К. Горелиц // Труды ИСП РАН. – 2016. – Т. 28, вып. 2. – С. 173–180.
13. Вигерс К. Разработка требований к программному обеспечению. – 3-е изд., доп. – М. : Русская редакция ; СПб. : БХВ-Петербург, 2016. – 716 с.
14. Сергунин А. А., Киприна Л. Ю. Классификация методов сбора требований к программному обеспечению // Информационные системы и технологии: Вопросы теории и практики. Школа молодых ученых : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. (Кострома, 27 апреля 2018 г.) / сост. М. С. Красавина. – Кострома : Костром. гос. ун-т, 2018. – С. 43–47.
15. Сергунин А. А., Киприна Л. Ю. Исследование взаимосвязи между классификационными признаками IT-проектов и методами работы с требованиями к ПО // Информационные системы и технологии: Вопросы теории и практики : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (Кострома, 30 марта 2019 г.) / науч. ред. А. Р. Денисов. – Кострома : Костром. гос. ун-т, 2020. – С. 5–9.

## REFERENCES

1. Bajkin A., Novichkov A. Pyat' urovnej zrelosti trebovanij // IBM : ofic. sajт kompanii. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/r-requirements> (data obrashcheniya: 10.03.2020).
2. Egorov Yu. S., Milov D. V., Stepanova E. V. Vyyavlenie i opisanie pol'zovatel'skih trebovanij k programmnomu obespecheniyu // Informacionnye sistemy i tekhnologii (IST-2017) : materialy dokl. XXIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. – Nizhnij Novgorod, 2017. – S. 72–76.
3. Vartanyan R. A. Sravnitel'nyj analiz metodov izvlecheniya trebovanij k programmnomu obespecheniyu // Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. – Pereyaslav-Hmel'nickij [Ukraina] : Institut social'noj informacii, 2019. – Vyp. 11(55), t. 8. – С. 10–13.
4. Pishchikova E., Komlichenko V. N. Tekhniki vyyavleniya trebovanij k razrabotke PO // Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire : sb. st. XXVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Novosibirsk : SibAK, 2015. – № 26. – С. 42–48.
5. Ekhlakov YU. P. SHablony biznes-trebovanij i trebovanij pol'zovatelej k programmnomu obespecheniyu proizvodstvenno-tekhnologicheskogo tipa // Doklady TUSUR. 2019. № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shablony-biznes-trebovaniy-i-trebovaniy-polzovateley-k-programmno-mu-obespecheniyu-proizvodstvenno-tehnologicheskogo-tipa> (data obrashcheniya: 10.03.2020).
6. Tynyanova S. E., Rostovskij N. S. Razrabotka biznes-trebovanij k avtomatiziruyushchemu programmnomu obespecheniyu // Alleya Nauki. – 2018. – № 11(27), t. 6. – S. 862–865.
7. Leffinguell D., Uidrig D. Principy raboty s trebovaniyami k programmnomu obespecheniyu. Unificirovannyj podhod. – М. : Vil'yams, 2002. – 448 s.
8. Eremenko A. V., Kijkova E. V. Specifika opisaniya funkcional'nyh trebovanij v gibkih metodologiyah razrabotki programmного obespecheniya // Intellektual'nyj potencial XXI veka: stupeni poznaniya. – Novosibirsk, 2015. – S. 67–71.
9. Upravlenie trebovaniyami v Agile: chto eto znachit? // Upravlenie proektami : блог kompanii. – URL: <https://www.pmooffice.by/blog/agile/spetsifikatsii-trebovaniy-v-proektah-s-gibkoy-agile-razrabotkoy.html> (data obrashcheniya: 10.03.2020).
10. Upravlenie trebovaniyami s instrumentami linejki IBM Rational i IBM Telelogic // Interfejs Ltd. : ofic. sajт kompanii. – URL: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=23098> (data obrashcheniya: 10.03.2020).
11. Tekhnologicheskij process upravleniya trebovaniyami. – URL: <http://src-code.net/technologicheskij-process-pravleniya-trebovaniyami> (data obrashcheniya: 10.03.2020).

12. Prakticheskij opyt realizacii podhodov programmnoj i sistemnoj inzhenerii dlya upravleniya trebovaniyami pri razrabotke programmogo obespecheniya v aviacionnoj otrasli / I. V. Koverninskij, A. V. Kan, V. B. Volkov, Yu. S. Popov, N. K. Gorelic // Trudy ISP RAN. – 2016. – T. 28, vyp. 2. – S. 173–180.
13. Vigers K. Razrabotka trebovanij k programmnomu obespecheniyu. – 3-e izd., dop. – M. : Russkaya redakciya ; SPb. : BHV-Peterburg, 2016. – 716 s.
14. Sergunin A. A., Kiprina L. Yu. Klassifikaciya metodov sbora trebovanij k programmnomu obespecheniyu // Informacionnye sistemy i tekhnologii: Voprosy teorii i praktiki. Shkola molodyh uchenyh : sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf. (Kostroma, 27 aprelya 2018 g.) / sost. M. S. Krasavina. – Kostroma : Kostrom. gos. un-t, 2018. – S. 43–47.
15. Sergunin A. A., Kiprina L. Yu. Issledovanie vzaimosvyazi mezhdru klassifikacionnymi priznakami IT-proektov i metodami raboty s trebovaniyami k PO // Informacionnye sistemy i tekhnologii: Voprosy teorii i praktiki : materialy II Vseros. nauch.-prakt. konf. (Kostroma, 30 marta 2019 g.) / nauch. red. A. R. Denisov. – Kostroma : Kostrom. gos. un-t, 2020. – S. 5–9.

## SUMMARY

### TEXTILE PRODUCTS TECHNOLOGIES AND MODERN MATERIALS

**Mochalov L. V., Drozdov V. G.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

mochalov-leo@mail.ru, vladimir.drozdov.45@mail.ru

#### TECHNOLOGICAL FEATURES OF AUTOMATIC CONTROL OF LONG FIBRE PRODUCTION

*Machines for producing flax fibre as automatic control objects are described in this article. Versions of control of drying machine by control of amount of supplied heat, intensity of replacement of spent drying agent with fresh one, change of drying agent speed in drying region, change of material movement speed in drying space are considered. It is shown that what is the most rational way of controlling the moisture of retted straw is the way that uses a closed control system with negative feedback. The block diagram of the automatic drying control system that acts on the control object, in this case on the dryer, through the actuator, in order to reduce the amount of humidity deviation depending on the amount and the sign of deviation, is developed.*

**Keywords:** ball-and-treble unit, drying machine, drying mode control, automatic control, feedback system, moisture removal, perturbing effects, long flax fibre production.

**Bukina S. V., Gromova E. I.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

tmmbukina@yandex.ru, gromovaei@rambler.ru

#### TAKING INTO ACCOUNT THE VISCOELASTIC PROPERTIES OF THE CONTACT WHEN MODELLING DAMPING IN TEXTILE MATERIALS

*An attempt is made to determine the mechanical properties of a static contact by studying it dynamically by means of tangential stresses and strains, which is, according to the authors, the most appropriate, since tangential stresses and strains are the result of a complex of processes occurring on the contact and they depend on the load, contact temperature, the actual contact area, as well as the mechanical properties of the surface layers of the friction pair, etc. Taking into account the viscoelastic properties of the contact allows one to increase the accuracy of modelling the processes of energy loss in the contact of textile materials and inside textile structures, such as wound body tissues, etc. The proposed approach will be of interest to specialists in the field of mechanical engineering, as well as specialists in the field of textile technologies.*

**Keywords:** mechanical contact, Maxwell's equation, tangential stress, tangential deformation, damping, dissipative properties, textile goods.

### MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

**Shustov Yu. S., Lebedeva N. P.**

Kosygin Moscow State Textile University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

6145263@mail.ru

#### PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS INVESTIGATION OF FABRICS FOR OIL AND GAS COMPLEX WORKERS

*The requirements for fabrics designed for sewing workwear for oil and gas workers are determined. A study was carried out on four tissue samples of various fibrous composition produced by LLC Tchaikovsky Textile*

*Company. We studied the structural characteristics of fabrics, their strength characteristics, the change in linear dimensions after wet processing and drying with ironing, breathability and hygroscopicity, flame retardant and oil-water-repellent properties, as well as antistatic properties. In the research process, standard techniques were used. It has been established that fabric samples Frall Strong 260A RS and Flame Fort 200A RS most fully meet the requirements of operation.*

**Keywords:** work clothes, fabrics, fabric structure, strength characteristics, change in linear dimensions, breathability, hygroscopicity, fire retardant and oil-oil-water-repellent properties.

**Sevost'yanov P. A.**

Kosygin Moscow State Textile University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia  
petrsev46@yandex.ru

#### STUDY OF THE ONE-DIMENSIONAL FIBROUS PRODUCT'S COMPONENT RATIO OF UNEVENNESS AND ITS DEPENDENCE OF THE LINEAR DENSITY UNEVENNESS

*The article presents the results of a study of the relationship between irregularity in linear density and the proportion of components of one-dimensional fibrous products (tape, tourniquet, roving, yarn). A formula is obtained for estimating the coefficient of variation for the component fraction depending on the unevenness for the linear density and the average component fraction. The estimate allows one to predict the expected unevenness of the component share in the product based on known information about the unevenness of the components. Regularities are established and examples are given of the relationship between correlation functions and spectral dispersion densities for unevenness by linear density and component share in the product depending on the share of components, their unevenness, and the spectral composition of the unevenness.*

**Keywords:** one-dimensional product, sliver, unevenness, linear density, component ratio, variance, coefficient of variation, autocorrelation function, spectral power density.

**Stasheva M. A., Novosad T. N., Yevseyeva N. V., Gusev B. N.**

Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia  
marinastasheva@mail.ru, ktn5225@yandex.ru, yevseyev@mail.ru, gusevbn@yandex.ru

#### TESTING OF KNITTED FABRICS TO CONFIRM COMPLIANCE

*One of the reasons for the low demand for domestic textile fabrics is the incomplete satisfaction of consumers' requirements with regard to the quality and price of products, as well as the insufficient use of the Russian certification system as a source of reliable information (advertising) of quality as a set of consumer properties and safety of manufactured products. The paper tests cotton knitted fabrics with various attachments of synthetic fibers and provides recommendations for choosing a rational scheme for their certification in order to use them for the production of various layers of garments.*

**Keywords:** knitted fabric, testing, confirmation of compliance, quality, technical regulations, safety indicators, consumer properties.

#### DESIGN

**Galanin S. I., Zhirova T. I.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia  
sgalanin@mail.ru; pariisk@yandex.ru

#### USING 3D MODELS FROM CONDUCTIVE PLASTIC FOR GALVANOPLASTICS

*The possibility of using 3D models from a number of conductive plastics for electroforming is investigated. The ohmic resistances of a number of plastics have been experimentally determined, it is shown that the resistance is determined by the number and type of conductive component in the composite material and*

*depends on the temperature. A comparative analysis of the galvanically deposited copper surface of a number of conductive plastics and ABS plastic with a conductive layer applied with a spray has been carried out. The possibility of forming high-quality galvanoplastic copper layers on the surface of 3D models of conductive VOLTA plastic is shown.*

**Keywords:** *electroforming, galvanic copper plating, conductive plastics, composite materials, 3D model growing, ohmic resistance, tightening.*

## INFORMATION TECHNOLOGIES

**Barilo I. I.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia  
mail@barilo.ru

### IMPROVING EFFICIENCY OF LOAD TESTING OF LOCALISATION SOFTWARE Y USING THE FUNCTION OF CONSTRUCTING A TRANSLATION TEST DICTIONARY

*The article discusses the features of the implementation of software for the localisation of developed software at the initial stage of its development; we compiled a list of problems necessary to consider when choosing software for localisation; an option is proposed for solving the main problems by developing a function for constructing a test dictionary that allows it to be scaled for software under development; we present the results of a study of a number of existing dictionaries of localisation of popular software; it is concluded that it is necessary to calculate the values of the parameters of the construction function depending on the type of software; the analysis of localisation dictionaries is carried out and a number of parameters of the function for constructing a test dictionary for the requirements of the developer are prepared.*

**Keywords:** *localisation, dictionary, parameters, development, load testing, software product, text fragment length.*

**Sergunin A. A., Kiprina L. Yu.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia  
sergunin44@mail.ru, l\_kiprina@ksu.edu.ru

### RESEARCH OF METHODS FOR MANAGING STAKEHOLDERS REQUIREMENTS FOR THE SOFTWARE

*The article is devoted to a comprehensive study of various factors affecting the choice of methods for working with software requirements. These factors include the type of project and the type of stakeholders. To search for the relationship between different types of stakeholders, forms of interaction with them and methods of working with requirements, a description of real IT projects was analysed, including a list of tasks that were performed as part of the analytical work, including methods of working with requirements. Based on the results of the study, recommendations are formulated for choosing methods for working with requirements based on the type of stakeholders, which can improve the efficiency of the software development process.*

**Keywords:** *IT projects, IT project classification, stakeholders, methods for developing software requirements, requirements collection methods, management of requirements.*

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Направляемый в редакцию материал должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

Все материалы следует представлять в редакцию по электронной почте: e-mail: tik@ksu.edu.ru (для Смирновой Светланы Геннадьевны).

1. Электронный вариант статьи выполняется в текстовом редакторе Microsoft Word (\*.doc, \*.docx, \*.rtf). Если Вы используете нестандартный шрифт, приложите к письму копию статьи в формате PDF, а также файл с шрифтом. В качестве имени файла указывается фамилия, имя и отчество автора русскими буквами (например: Иванов Иван Иванович.doc).
2. Все статьи проходят проверку на обнаружение текстовых заимствований в системе «Антиплагиат». Редакция принимает статьи, оригинальность которых составляет не менее 80 %. При проверке используется сайт: <http://www.antiplagiat.ru>.
3. Компьютерный набор статьи должен удовлетворять следующим требованиям: формат – А4; поля – по 2,5 см со всех сторон; гарнитура (шрифт) – Times New Roman; кегль – 14; межстрочный интервал – 1,5; абзацный отступ – 1,25 см.
4. Максимальный объем текста статьи с аннотацией, ключевыми словами и библиографическим списком – не более 14 страниц машинописного текста.
5. Аннотация к статье должна быть объемом 100–120 слов. Количество ключевых слов – от 7 до 10.
6. ФИО автора, название учебного заведения, организации (место учебы, работы), название статьи, аннотация и ключевые слова должны быть переведены на английский язык.
7. Информация о финансировании (ссылки на гранты и пр.) указывается в круглых скобках сразу после названия статьи на русском языке.
8. Список литературы оформляется по ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления», должен быть представлен в порядке упоминания. Ссылки в тексте статьи оформляются квадратными скобками с указанием номера издания по списку литературы и страниц. Например: [1, с. 256], [2, т. 5, с. 25–26].
9. Единицы измерения приводятся в соответствии с Международной системой единиц (СИ).
10. Рисунки, схемы, диаграммы. В качестве иллюстраций статей принимается не более 4 рисунков. Они должны быть размещены в тексте статьи в соответствии с логикой изложения. В тексте статьи должна даваться ссылка на конкретный рисунок, например (рис. 2). Схемы выполняются с использованием штриховой заливки или в оттенках серого цвета; все элементы схемы (текстовые блоки, стрелки, линии) должны быть сгруппированы. Каждый рисунок должен иметь порядковый номер, название и объяснение значений всех кривых, цифр, букв и прочих условных обозначений. Электронную версию рисунка следует сохранять в форматах jpg, tif (Grayscale – оттенки серого, разрешение – не менее 300 dpi).
11. Таблицы. Каждую таблицу следует снабжать порядковым номером и заголовком. Таблицы должны быть предоставлены в текстовом редакторе Microsoft Word, располагаться в тексте статьи в соответствии с логикой изложения. В тексте статьи должна даваться ссылка на конкретную таблицу, например (табл. 2). Структура таблицы должна быть ясной и четкой, каждое значение должно находиться в отдельной строке (ячейке таблицы). Все графы в таблицах должны быть озаглавлены. Одновременное использование таблиц и графиков (рисунков) для изложения одних и тех же результатов не допускается. В таблицах возможно использование меньшего кегля, но не менее 10.
12. Формулы выполняются только в редакторе MS Equation 3.0.
13. Десятичные дроби имеют в виде разделительного знака запятую (0,78), а при перечислении десятичных дробей каждая из них отделяется от другой точкой с запятой (0,12; 0,087).

## Построение статьи

Убедительная просьба соблюдать порядок построения статьи!

Каждый новый пункт не нужно нумеровать, но порядок размещения материала должен соответствовать представленному ниже списку.

1. Отрасль наук и специальность.
2. Индекс УДК (присваивается в библиотеке по названию статьи и ключевым словам).
3. Фамилия, имя, отчество автора (полностью).
4. Ученая степень и ученое звание.
5. Полное название организации, город, страна (в именительном падеже) – место работы или учебы автора.
6. Адрес электронной почты для каждого автора.
7. Почтовый адрес с индексом (для последующей отправки журнала) и контактный телефон.
8. Название статьи (сокращения в названии недопустимы).
- 8а. (Ссылка на грант или источник финансирования – если есть.)
9. Аннотация (100–120 слов).
10. Ключевые слова (7–10 слов или словосочетаний, несущих в тексте основную смысловую нагрузку).
11. ФИО автора, название учебного заведения, организации (место учебы, работы), название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.
12. Текст статьи.
13. Список литературы (указывается в порядке упоминания, нумеруется).

## Правила составления аннотации к научной статье

Аннотация к научной статье представляет собой краткую характеристику текста с точки зрения его назначения, содержания, вида, формы и других особенностей. Она передает главную, ключевую, идею текста до ознакомления с его полным содержанием. Научная аннотация условно делится на три части:

I. Презентация вопроса или проблемы, которым посвящена статья.

II. Описание хода исследования.

III. Выводы: итоги, которых удалось достичь в результате проведенного исследования.

В аннотации не допускается привлечение дополнительной информации (биографические данные, историческая справка, отступления, рассуждения и т. д.). В тексте аннотации не должны использоваться очень сложные предложения, изложение строится в научном стиле.

Фразы, рекомендуемые для написания аннотации к научной статье:

- В данной статье рассматривается проблема...
- Обосновывается идея о том, что...
- В статье затрагивается тема...
- Дается сравнение...
- Статья посвящена комплексному исследованию...
- В статье раскрываются проблемы...
- Особое внимание в статье уделено...
- В статье анализируется...
- Автор приходит к выводу, что...
- Основное внимание в работе автор акцентирует на...
- Выделяются и описываются характерные особенности...
- Статья посвящена актуальной проблеме...
- В статье обобщен новый материал по исследуемой теме, в научный оборот вводятся...
- Предложенный подход будет интересен специалистам в области...
- В статье речь идет о...
- Статья посвящена детальному анализу...
- Статья раскрывает содержание понятия...
- Обобщается практический опыт...



- В статье исследуются характерные признаки...
- Автор дает обобщенную характеристику...
- В статье проанализированы концепции...
- В статье приведен анализ взглядов исследователей...
- В данной статье предпринята попытка раскрыть основные причины...
- Автор стремится проследить процесс...
- В статье дан анализ научных изысканий...

### Пример оформления статьи

05.00.00 ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 677.02.001.05

**Исроилов Азамат Хисайнович**

аспирант

**Жуков Владимир Иванович**

доктор технических наук, профессор

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

Isroilov-azamat@mail.ru, zhukov\_v\_i\_51@mail.ru

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧИСТОЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ СВЕРХМАЛОЙ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ

*В данной статье приводится анализ свойств чистольняной пряжи сверхмалой линейной плотности для определения технологических параметров ее возможной выработки, обоснование необходимости выработки данной пряжи в промышленных масштабах и ее конкурентоспособности на рынке, а также сравнение таких технологических параметров, как линейная плотность, крутка, удельная разрывная нагрузка, с существующими в настоящее время нормативами и стандартами. Крутка пряжи определялась графоаналитическим способом и по действующим нормативам и рекомендациям сравнивалась с пряжей максимально близкой по параметрам, указанной в нормативных документах. Для приблизительной оценки прочностных характеристик пряжа так же сравнивалась с пряжей, наиболее близкой по линейной плотности по ГОСТ. По каждому сравнению сделаны выводы о соответствии характеристик сверхтонкой чистольняной пряжи современным требованиям.*

**Ключевые слова:** крутка, удельная разрывная нагрузка, чистольняная пряжа, сверхмалая линейная плотность, графоаналитический способ, выработка пряжи, прочностные характеристики.

**Isroilov A. N., Zhukov V. I.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

isroilov-azamat@mail.ru, zhukov\_v\_i\_51@mail.ru

### FEATURES OF ULTRA-SMALL PURE FLAX YARN WITH A LINEAR DENSITY

*In this paper we analyse the properties of pure flax yarn of ultra-low linear density to determine the technological parameters of its possible development. There is justification of the need for this yarn on an industrial scale and its competitiveness in the market. There is comparison of such technological parameters as linear density, twist, unit tenacity with current regulations and standards. Twist of yarn was determined by the graphical-analytical method, and according to the current regulations and the recommendations was compared with the most similar possible yarn specified in regulations. For strength properties' rough estimate, yarn was similarly compared with the most similar (by linear density) possible yarn specified in the GOST (Russian state standard). Relevant conclusions on characteristics of ultrathin pure flax yarn relative to modern requirements have been made on each comparison.*

**Keywords:** twist, unit tenacity, pure flax yarn, ultra-low linear density, graph-analytic method, making yarn, strength properties.

Текст статьи...

Библиографический список

---

© Исроилов А. Х., Жуков В. И., 2017.

## Примеры оформления библиографических ссылок на источники цитирования

### *Моноиздания*

Если авторов не более трех, то указывают всех.

Фамилия автора, инициалы. Название издания / информация о переводе и редакторе, если они есть. – Место издания : Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет. – Количество страниц.

Если у издания четыре автора, то все их инициалы и фамилии приводят после косой черты. Если авторов пять и более, то указывают фамилии первых трех с добавлением «и др.»

### *Например:*

Дементьева А. Г., Соколова М. И. Управление персоналом : учебник. – М. : Магистр, 2008. – 287 с.

Природопользование и среда обитания. Системный подход : монография / С. И. Кожурин [и др.] ; под общ. ред. Р. М. Мифтахова. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2005. – 102 с.

### *Многотомное издание*

Фамилия автора, инициалы. Название издания : в кол-ве т. / информация о переводе и редакторе, если они есть. – Место издания : Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет.

### *Например:*

Гоголь Н. В. Полн. собр. соч. : в 14 т. – М. : Изд-во АН СССР, 1937–1952.

Если в библиографическом списке Вы указываете многотомное издание, в тексте статьи в квадратных скобках необходимо приводить не только порядковый номер источника в списке и страницы, но и том: [4, т. 9, с. 324].

### *Один том из многотомного издания*

Фамилия автора, инициалы. Название издания : в кол-ве т. / информация о переводе и редакторе, если они есть. – Место издания: Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет. – Том (Часть). – Количество страниц.

### *Например:*

Блонский П. П. Избранные психологические и педагогические произведения : в 2 т. – М. : Педагогика, 1979. – Т. 2. – 399 с.

### *Сборники*

Название сборника : вид издания / сведения о составителях; редакторах и т. п. – Место издания : Издательство, год выхода в свет. – Количество страниц.

### *Например:*

Методологические проблемы современной науки / сост. А. Т. Москаленко ; ред. А. И. Иванов. – М. : Политиздат, 1979. – 295 с.

### *Статьи из сборников*

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название сборника статей : вид издания / сведения об ответственности, включающие наименование организации ; сведения о составителях и т. п. – Место издания, год издания. – Страницы начала и конца статьи.

*Например:*

Киселев М. В., Зайков К. В. Моделирование однослойных тканых структур технического назначения // Инновационное развитие легкой промышленности : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. молодых специалистов и ученых, 16–18 ноября 2016 г. / М-во образования и науки РФ, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – С. 51–54.

*Статьи из журналов*

Если авторов не более трех, то указывают всех.

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название журнала. – Год издания. – Номер тома (если есть). – Номер выпуска. – Страницы начала и конца статьи.

Если у издания четыре автора, то все их инициалы и фамилии приводят после косой черты. Если авторов пять и более, то указывают фамилии первых трех с добавлением «и др.»

*Например:*

Безъязычный В. Ф., Михайлов С. В. Кинематический анализ формирования сливной стружки // Вестник машиностроения. – 2003. – № 11. – С. 48–50.

Исследование химического состава волокон льна различных селекционных сортов / А. Н. Иванов, Н. Н. Чернова, А. А. Гурусова, Т. В. Ремизова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986. – № 1. – С. 19–21.

*Статьи из газет*

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название газеты. – Год издания. – Номер или дата выпуска.

*Например:*

Райцын Н. С. В окопах торговых войн // Деловой мир. – 1993. – 7 окт.

*Справочные издания, энциклопедии, словари*

Название : вид издания / сведения о составителях; редакторах и т. п. – Номер переиздания (если есть). – Место издания : Издательство, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

Прядение льна и химических волокон : справочник / под ред. Л. Б. Карякина и Л. Н. Гинзбурга. – М. : Легпромбытгиздат, 1991. – 544 с.

*Статьи из энциклопедий, словарей*

Фамилия и инициалы автора. Название главы, статьи (или другой составной части издания) // Название издания / сведения о составителях и т. п. – Место издания : Издательство, год издания. – Том (если есть). – Страницы начала и конца главы, статьи.

*Например:*

Дойников А. С. Цветовая температура // Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. – М. : Большая российская энциклопедия, 1999. – Т. 5. Стробоскопические приборы – Яркость. – С. 691–692.

*Диссертации*

Фамилия и инициалы автора. Название диссертации : дис. ... канд. (д-ра) отрасль науки. – Место издания, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

Киселева М. В. Моделирование гибкости и прочности льняного волокна для прогнозирования его прядильной способности : дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2002. – 267 с.

*Авторефераты диссертаций*

Фамилия и инициалы автора. Название автореферата диссертации : автореф. дис. ... канд. (д-ра) отрасль науки. – Место издания, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

Суй Цзэпин. Воздействие интенсивного излучения мягкого рентгеновского диапазона на полимер : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – М., 2002. – 16 с.

*Патентные документы*

Патент (заявка, авторское свидетельство), №, страна. Название патента / Автор. – № заявки ; сведения о дате заявки и опубликования. – Количество страниц.

*Например:*

Пат. РФ № 164083 С21D 1/00. Устройство электролитного нагрева металлических изделий / Белкин П. Н., Кусманов С. А., Смирнов А. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Костромской государственной университет имени Н. А. Некрасова». № 2015152006/02; заявл. 03.12.2015; опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23. – 2 с.

А. с. СССР 870486, МКИ С23с 9/00. Способ химико-термической обработки изделий из металлов и сплавов / А. К. Товарков, В. Н. Дураджи; заявитель и патентообладатель Институт прикладной физики АН Молдавской ССР. № 28753449; заявл. 28.01.80; опубл. 07.10.81, Бюл. № 37. – 2 с.

*Стандарты*

ГОСТ XXXX–год. Название. – Дата введения. – Место издания : Издательство, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

ГОСТ 6309–93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия. – Введ. 1996–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 24 с.

*Материалы из сети Интернет*

Автор. Название материала (учебника, статьи и т. п.) : вид издания. – URL: электронный адрес сетевого ресурса (http) (сведения о дате обращения: число, месяц, год).

*Например:*

Сергеев Е. Ю. Вспомогательные (прикладные) дисциплины. Фотодело : учеб. пособие / Санкт-Петербургский гос. ун-т сервиса и экономики, 2010. – URL: <https://www.litres.ru/sergeev-evgeniy-urevich/vspomogatelnye-prikladnye-discipliny-fotodelo> (дата обращения: 05.09.2017).

Рудовский П. Н., Соркин А. П., Смирнова С. Г. Проблемы технологии формирования ровницы для получения пряжи пониженной линейной прочности из льна // Научный вестник КГТУ. – 2010. – № 2. – URL: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2010-2-6.pdf> (дата обращения: 02.10.2017).

Приказ Минфина РФ от 30.03.2001 № 26н «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету „Учет основных средств“» ПБУ 6/01» : в ред. от 27.11.2006 // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2017).

Концепция национальной безопасности РФ : утв. Указом Президента РФ от 17 декабря 1997 г. № 1300 : в ред. Указа Президента РФ от 10 января 2000 г. № 24. – URL: [http://oficery.ru/2008/01/31/jncsercija\\_nacionalnoj\\_bezopasnosti\\_rf.html](http://oficery.ru/2008/01/31/jncsercija_nacionalnoj_bezopasnosti_rf.html) (дата обращения: 02.10.2017).

Официальный сайт компании Global Fund Management & Administration PLC. – URL: <http://www.globalfund.ru> (дата обращения: 8.09.2017).

Отрасль в цифрах // Официальный сайт ИА REGNUM. – URL: [www.regnum.ru/news/777704.html](http://www.regnum.ru/news/777704.html) (дата обращения: 02.10.2017).

#### *Архивные материалы*

##### *Например:*

Записки о чумном бунте. Автограф // РО ИРЛИ. – Ф. 265. – Оп. 2. – Д. 1195. – Л. 7–10.

РГАЛИ. – Ф. 26. – Оп. 8. – Д. 231. – Л. 8.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Мочалов Л. В., Дроздов В. Г.**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ДЛИННОГО ВОЛОКНА .....3

**Букина С. В., Громова Е. И.**

УЧЕТ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ КОНТАКТА

ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДЕМПФИРОВАНИЯ В ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ .....7

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Шустов Ю. С., Лебедева Н. П.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ

ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА .....12

**Севостьянов П. А.**

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРОВНОТЫ ОДНОМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПРОДУКТОВ

ПО ДОЛЕ КОМПОНЕНТОВ

И ЕЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ НЕРОВНОТЫ ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ .....15

**Сташева М. А., Новосад Т. Н., Евсеева Н. В., Гусев Б. Н.**

ИСПЫТАНИЯ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

С ЦЕЛЬЮ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ .....22

### ДИЗАЙН

**Галанин С. И., Жирова Т. И.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ИЗ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ПЛАСТИКОВ

ДЛЯ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ .....26

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Барило И. И.**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

ФУНКЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ТЕСТОВОГО СЛОВАРЯ ПЕРЕВОДА .....32

**Сергунин А. А., Киприна Л. Ю.**

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ СТЕЙКХОЛДЕРОВ

К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ .....37

SUMMARY .....43

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ .....46

## CONTENTS

### TEXTILE PRODUCTS TECHNOLOGIES AND MODERN MATERIALS

**Mochalov L. V., Drozdov V. G.**

TECHNOLOGICAL FEATURES OF AUTOMATIC CONTROL OF LONG FIBRE PRODUCTION .....3

**Bukina S. V., Gromova E. I.**

TAKING INTO ACCOUNT THE VISCOELASTIC PROPERTIES  
OF THE CONTACT WHEN MODELLING DAMPING IN TEXTILE MATERIALS.....7

### MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

**Shustov Yu. S., Lebedeva N. P.**

PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS INVESTIGATION OF FABRICS FOR OIL  
AND GAS COMPLEX WORKERS.....12

**Sevost'yanov P. A.**

STUDY OF THE ONE-DIMENSIONAL FIBROUS PRODUCT'S COMPONENT RATIO  
OF UNEVENNESS AND ITS DEPENDENCE OF THE LINEAR DENSITY UNEVENNESS .....15

**Stasheva M. A., Novosad T. N., Yevseyeva N. V., Gusev B. N.**

TESTING OF KNITTED FABRICS TO CONFIRM COMPLIANCE .....22

### DESIGN

**Galanin S. I., Zhirova T. I.**

USING 3D MODELS FROM CONDUCTIVE PLASTIC FOR GALVANOPLASTICS .....26

### INFORMATION TECHNOLOGIES

**Barilo I. I.**

IMPROVING EFFICIENCY OF LOAD TESTING OF LOCALIZATION SOFTWARE  
BY USING THE FUNCTION OF CONSTRUCTING A TRANSLATION TEST DICTIONARY .....32

**Sergunin A. A., Kiprina L. Yu.**

RESEARCH OF METHODS FOR MANAGING STAKEHOLDERS REQUIREMENTS FOR THE  
SOFTWARE .....37

SUMMARY .....43

REQUIREMENTS TO REGISTRATION OF ARTICLES .....46

---

Научное издание

**ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО**

**2020 – № 1(47)**

МАЙ

*Рецензируемый периодический научный журнал*

**Учредитель и издатель:**

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Костромской государственный университет»

**Главный редактор**

**РУДОВСКИЙ ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ**  
доктор технических наук, профессор

Издается с 1999 года

*Журнал зарегистрирован*

*Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77-75262 от 7.03.2019 г.*

**16+**

---

---

Редактор	О. В. Тройченко
Компьютерная верстка	Н. И. Поповой
Перевод	С. А. Грозовского

Издательско-полиграфический отдел  
Костромского государственного университета

Подписано в печать 18.05.2020. Дата выхода в свет 23.06.2020. Формат бумаги 60×90 1/8.  
Печать трафаретная. Печ. л. 6,875. Заказ 95. Тираж 500.  
Цена свободная.

Адрес учредителя, издателя и редакции журнала:  
156005, Костромская обл., г. Кострома, ул. Дзержинского, 17  
tik@ksu.edu.ru

Отпечатано ИПО КГУ  
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17  
Т. 49-80-84. E-mail: rio@kstu.edu.ru

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны