



Костромской
государственный
университет

ISSN 2587-6147

16+



**ТЕХНОЛОГИИ
И КАЧЕСТВО**

**2(40)
2018**



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

2018

№ 2(40)

СЕНТЯБРЬ

TECHNOLOGIES & QUALITY

SCHOLARLY JOURNAL
(up to 2016, «Bulletin
of the Kostroma State
Technological University»)

Appears since 1999

2018

№ 2(40)

SEPTEMBER

**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 СМIRНОВА
кандидат технических наук, доцент,
Костромской государственной университет

ВИГЕН Х. АРАКЕЛЯН

профессор, Национальный институт прикладных наук
(г. Ренн, Франция)

НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ БЕСЧАСТНОВ

доктор искусствоведения, профессор, Российский
государственный университет им. А. Н. Косыгина

ГРИГОРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ БУКАЛОВ

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНIN

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

ВИКТОР АРКАДЬЕВИЧ ГЛАЗУНОВ

доктор технических наук, доктор философских наук,
Институт машиноведения им. А. А. Благонравова

Российской академии наук (Москва)

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-Петербургский государственной университет

промышленных технологий и дизайна

АНДРЕЙ РОСТИСЛАВОВИЧ КОРАБЕЛЬНИКОВ

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ МАТРОХИН

доктор технических наук, профессор,
Ивановский государственной политехнической университет

СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ПАЛОЧКИН

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

НАДЕЖДА АНАТОЛЬЕВНА СМIRНОВА

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

ГАЛИНА ГЕОРГИЕВНА СОКОВА

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

ВЕЙЛИН СЮ

профессор, Уханьский текстильный университет (КНР)

ЛЮБОМИР ТУЛАХ

кандидат технических наук,

«ВУТС а. о.» (г. Либерец, Чехия)

СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ УГРЮМОВ

доктор технических наук, профессор,
Поволжский государственной технологический университет

(г. Йошкар-Ола)

САЛОХИДДИН ЗУНУНОВИЧ ЮНУСОВ

доктор технических наук, Ташкентский институт
текстильной и легкой промышленности (Узбекистан)

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

VIGEN Kh. ARAKELIAN

Professor, National Institute of Applied Sciences
(the City of Rennes, France)

NIKOLAY PETROVICH BESCHASTNOV

Doctor of the Science of Art, Professor,
Kosygin Russian State University

GRIGORIY KONSTANTINOVICH BUKALOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

SERGEY ILICH GALANIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

VIKTOR ARKADYEVICH GLAZUNOV

Doctor of Technical Sciences, Doctor of Philosophical Sciences,
Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute

of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

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 University

of Industrial Technology and Design

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

WEILIN XU

Professor, Wuhan Textile University (China)

LUBOMIR TULACH

Candidate of Technical Sciences,

VUTS a. s. (the City of Liberec, Czech Republic)

SERGEY ALEKSEYEVICH UGRYUMOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Volga State University of Technology

(the City of Yoshkar-Ola)

SALOHIDDIN ZUNUNOVICH YUNUSOV

Doctor of Technical Sciences, Tashkent Institute of Textile
and Light Industry (Uzbekistan)

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

05.19.02 Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья
УДК 621.855.034

Нуриев Магомедали Нураддин оглы

доктор технических наук, профессор

Джаббарова Генире Зергер кызы

старший преподаватель

Азербайджанский государственный экономический университет, г. Баку, Азербайджан

mehman62@mail.ru, qenire.cabbarova@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ

В статье рассмотрен вопрос возможности оценки параметров структуры намотки на основе анализа кинематических соотношений в мотальном механизме. На основе анализа источников научно-технической информации установлено, что структуры намотки, возникающие при наложении последующих витков на места укладки предыдущих, являются дефектными. При их разматывании в ходе технологического процесса наблюдается повышенная обрывность. В результате анализа кинематики мотального механизма получено соотношение между скоростью нитеводителя и частотой вращения бобины, при котором происходит формирование дефектных структур. Предложена схема устройства, обеспечивающего наблюдение за структурой намотки в режиме реального времени. Результатом работы устройства являются диаграммы, наглядно представляющие структуру намотки в виде столбцов, расположенных на соответствующих диаметрах и позволяющих количественно оценивать число витков, укладываемых друг на друга при формировании намотки.

Ключевые слова: нить, нитеводитель, структура намотки, витки, частота вращения бобины, скорость нитеводителя, оценка структуры намотки.

Под структурой намотки понимают взаимное расположение нитей. Параметрами структуры намотки в этом случае будут выступать следующие величины:

- угол подъема витка нити β ;
- центральный угол φ между точками разворота витков;
- расстояние между витками нити Δ в направлении перпендикулярном витку;
- расстояние между витками нити Δ_{θ} в окружном направлении.

В статье А. Е. Островского [1] приводятся критерии, позволяющие классифицировать структуру намотки. Так, жгутовой называется такая намотка, при которой расстояние между витками нити меньше ее диаметра d_n , то есть

$$\Delta \leq d_n. \quad (1)$$

Ленточной же называется такая намотка, при которой расстояние между витками нити меньше трех диаметров нити:

$$\Delta \leq 3d_n. \quad (2)$$

Для общности рассуждений считают [2], что дефектные структуры намотки образуются, если

$$\Delta = kd_n, \quad (3)$$

где k – число от 0 до 3, характеризующее строгость требований, предъявляемых к структуре намотки. При $0 < k < 1$ будет наблюдаться жгутовая намотка, а при $1 < k < 3$ ленточная.

Качество намотки паковок существенным образом влияет на обрывность нити в трикотажном и przygotowительном ткацком производстве. В исследовании [2] приведены результаты анализа обрывности пряжи в сновании, полученные в условиях Ташкентского текстильного комбината, где для производства миткаля (арт. 23) в качестве основы используется пряжа 20 текс, вырабатываемая на машинах ППМ-120. Согласно этим данным, обрывность пряжи, связанная с дефектами намотки, составляет 22 % от общего количества обрывов. Там же приведены результаты лабораторных наблюдений за обрывностью пряжи с бобин, наработанных на прядильно-крутильной машине ПК-100М3 при перематывании на мотальной машине. Согласно им обрывность нити, связанная с дефектами намотки, составляет в среднем 58 %. При этом основным дефек-

том намотки на машинах ПК-100МЗ являются слеты витков, как правило, сопутствующие жгутовой намотке.

По результатам испытания мотального механизма машины ПР-150 [3], вырабатывающей уток для ткани футорная байка арт. 6735 на фабрике им. Ногина в Санкт-Петербурге, установлено, что уменьшение искажения формы торца позволяет снизить обрывность по утку с 0,2 до 0,15 на 1 м, это дает возможность косвенно оценить влияние дефектов намотки на уровень обрывности на ткацких станках как весьма существенное.

Анализ процесса образования дефектов структуры намотки детально описан в литературе [4, 5], где показано, что дефектная намотка возникает в случае выполнения соотношения

$$|(mL - \pi Dn) \sin \beta| \leq kd_n, \quad (4)$$

где D – диаметр бобины;

L – длина волны кривой укладки витка на поверхности бобины;

β – угол подъема витка;

d_n – диаметр наматываемой нити;

m и n – простые числа, характеризующие кратность жгутовой намотки.

Соотношение (4) можно использовать на этапе проектирования мотального механизма и только в том случае, когда в его состав не включают специальное устройство для рассеивания дефектной намотки. На практике для анализа структуры намотки применяют экспериментальные методы.

Первым шагом на пути создания таких методов является определение фактической кривой укладки витка на теле намотки.

В диссертационном исследовании [6] со ссылкой на А. В. Тихомирова описывается метод определения фактического положения витка на прядильном початке, при котором початок покрывается сажей. После чего снимается один ряд витков, след от которых виден на черном фоне. По форме этого следа судят о фактическом расположении витков.

В статье [7] описана конструкция прибора, предназначенного для записи фактической кривой укладки витка на бобине, и его применение для анализа структуры копс с крутильных машин. В указанном приборе нить с анализируемой паковки сматывается путем раскатывания ее специальным валиком. Нить, сходящая с паковки, перемещает легкий рычаг, связанный с датчиком перемещения. Показания датчика записываются и подвергаются последующей обработке, позволяющей установить наличие дефектов намотки. Более совершенный прибор,

работающий на таком принципе, выпускался под маркой АВА-R3060 фирмой Rothschild [8]. Указанные приборы обладают одним общим недостатком. Из-за значительного расстояния от точки схода нити до глазка датчика прибор не в состоянии воспроизвести фактическую кривую укладки витка на развороте.

Для количественной оценки дефектов структуры намотки, таких как жгутовая и ленточная намотка, вводится понятие «интенсивность жгутовой намотки» [2], то есть количество нитей на единицу ширины дефектной структуры.

Эта характеристика определялась следующим образом. При обнаружении в процессе размотки дефекта размотка прекращалась, и в тело намотки вводились две иглы так, чтобы структурный дефект размещался между ними, а прямая, проходящая через точки, в которые вставлены иглы, была бы перпендикулярна нитям на поверхности паковки. После введения игл размотка продолжалась вручную, при этом подсчитывалось количество нитей p , расположенных между иглами.

Отношение количества нитей в дефекте к расстоянию l между иглами будем в дальнейшем называть интенсивностью жгутовой намотки q , то есть

$$q = p/l. \quad (5)$$

Эта величина позволяет квалифицировать дефект намотки как ленту или жгут. Действительно, жгутовой намоткой, по определению, считается та, при которой расстояние между нитями меньше толщины нити, а ленточной – та, при которой это расстояние равно толщине нити. Интенсивность q показывает, сколько нитей приходится на единицу ширины дефекта намотки, и является обратной величиной по отношению к расстоянию между нитями.

Предложенная методика обладает довольно высокой степенью субъективности, что является ее недостатком.

В научной литературе достаточно широко представлен метод анализа структуры намотки с использованием оптических методов. Устройства, основанные на этом методе, в последнее время оснащаются средствами технического зрения с последующей компьютерной обработкой результатов.

Эти методы [2, 9, 10] основаны на том, что при формировании дефектов намотки на ее поверхности получают выпуклости, которые отбрасывают тень. При вращении паковки длину тени можно зафиксировать с помощью фотодатчика как импульс, длительность которого зависит от высоты дефекта намотки. Селектируя импульсы по длительности, можно определить наличие

дефекта определенной величины, а подсчитывая количество импульсов за определенное время, можно оценить количество нитей в этом дефекте.

Использование методов технического зрения позволило наблюдать каждую нить на поверхности бобины [2, 5, 11]. Однако следует отметить, что методы контроля структуры намотки при разматывании готовой бобины обладают принципиальными недостатками. Наиболее существенным является то, что метод нельзя отнести к неразрушающим, поскольку при перематывании пряжи, как правило, наматывается на паковки, отличающиеся от используемых в технологическом процессе. А дополнительный мотальный переход, позволяющий вернуть пряжу в технологическую цепочку, требует дополнительных затрат. Кроме того, результаты анализа позволяют выявить дефекты в уже наработанных паковках. Устранить дефекты в паковках данной партии не представляется возможным. Устранить их можно только для паковок, которые будут наматываться после соответствующей наладки оборудования.

Анализ структуры намотки можно проводить путем анализа движения рабочих органов мотального механизма непосредственно во время формирования паковки. Разделим обе части выражения (4) на Ln , в результате чего получим

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{\pi D}{L} \right| \leq \frac{kd_n}{nL \sin \beta}. \quad (6)$$

Разделив числитель и знаменатель второго члена в левой части выражения (6) на линейную скорость бобины, получим

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{T_{\delta}}{T_p} \right| \leq \frac{kd_n}{nL \sin \beta}, \quad (7)$$

где T_{δ} и T_p – время одного оборота бобины и период движения нитеводителя.

Длина волны L кривой укладки витка на поверхности бобины является константой, зависящей от наладки и конструктивных параметров мотального механизма, которую можно рассчитать по формуле

$$L = \frac{2H}{\sin \beta}, \quad (8)$$

где H – величина хода нитеводителя.

Подставив значение L в (7), получим

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{T_{\delta}}{T_p} \right| \leq \frac{kd_n}{2nH}. \quad (9)$$

Полученное выражение можно использовать для контроля структуры намотки в процессе работы мотального механизма. На рис. 1 изображена кинематическая схема мотального механизма с фрикционным приводом паковки.

Механизм состоит из мотального барабанчика 1, с поверхностью которого контактирует наматываемая бобина 5. Мотальный барабанчик посредством зубчатых передач Z_1 , Z_2 , Z_3 и Z_4 кинематически связан с кулаком раскладчика 2. В пазе этого кулака располагается глазок нитеводителя 3. Бобина наматывается на патрон 4, который установлен на валу III бобинодержателя (на схеме не показан).

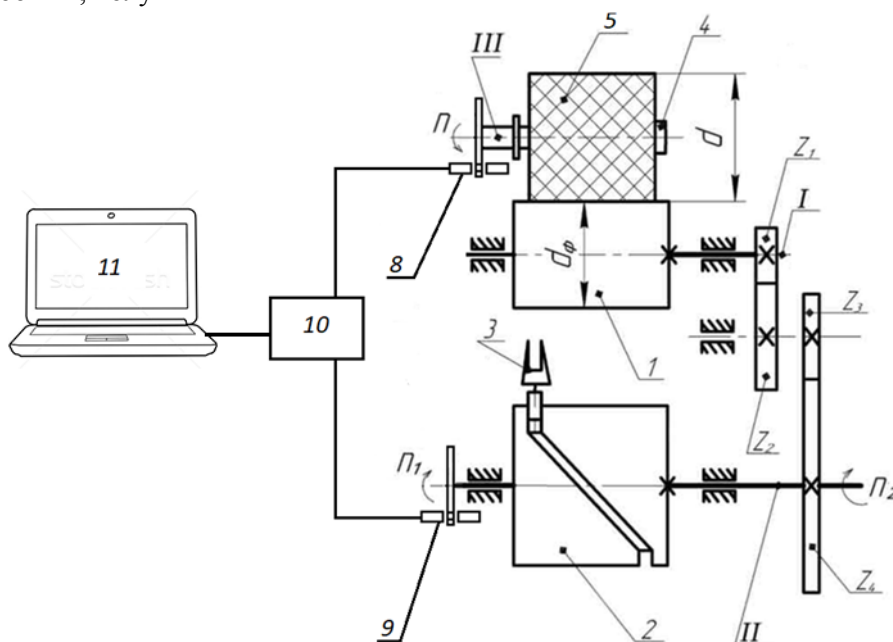


Рис. 1. Схема мотального механизма с фрикционным приводом паковки, позволяющим контролировать структуру намотки

Для контроля структуры намотки на вал III установлен датчик 8, выдающий один импульс за каждый оборот бобины. А на вал II раскладчика установлен датчик 9, выдающий импульс за один двойной ход нитеводителя. Очевидно, что время между двумя последовательно поступающими от датчика 8 импульсами равно T_6 , а время между импульсами, поступающими от датчика 9, равно T_p .

Обработка сигналов, поступающих от датчиков 8 и 9, сводится к проверке условия (9). При этих проверках значения m и n устанавливаются независимо друг от друга последовательно в диапазоне от 1 до 6. В научной литературе [2] показано, что при больших значениях дефекты намотки, образующиеся при наложении нитей друг на друга, практически не заметны и не влияют на сход нити с паковки при ее разматывании. Для проведения такой проверки используется микропроцессор 10, который передает результаты обработки в компьютер 11 для окончательной обработки, визуализации и хранения.

Текущий диаметр намотки можно рассчитать по известной величине T_6 с использованием формулы

$$D = \pi v T_6, \quad (10)$$

где v – скорость наматывания.

Измерение проводится с интервалом, равным времени двойного хода нитеводителя. Обработка сигналов осуществляется в режиме реального времени.

Рассчитаем шаг изменения диаметра наматывания. Массу кольцевого слоя можно рассчитать по формуле

$$M_c = \pi \gamma D \Delta R, \quad (11)$$

где γ – плотность намотки;

D – диаметр слоя намотки;

ΔR – приращение радиуса намотки за один двойной ход нитеводителя.

Массу нити, которая укладывается в намотку за один двойной ход нитеводителя, можно рассчитать по формуле

$$M_n = \frac{2HT}{10^6 \pi \gamma \sin \beta}, \quad (12)$$

где H – высота намотки;

T – линейная плотность наматываемой нити;

β – угол подъема витка.

Приравнивая левые части выражений (11) и (12), найдем приращение радиуса намотки за один двойной ход нитеводителя:

$$\Delta R = \frac{2HT}{10^6 \pi^2 \gamma^2 D \sin \beta}. \quad (13)$$

Это небольшая величина, так, для намотки на пневмомеханических прядильных машинах ВД-200 любой модификации она составляет от 0,0022 до 0,0088 мм в зависимости от диаметра наматывания. Таким образом, намотка формируется в среднем за 45 000 ходов нитеводителя. Результаты анализа для каждого значения m и n будут представлять собой файл с соответствующим количеством нулей (условие (9) не выполняется) и единиц (условие (9) выполняется). То есть всего около 16 млн значений. Для удобства анализа представляется целесообразным сгруппировать приращение диаметра по 450 значений и рассчитывать количество дефектов намотки в соответствующем интервале. В этом случае структуру намотки каждого значения m и n можно проиллюстрировать графиком, на котором по оси абсцисс откладывается диаметр намотки, а по оси ординат – количество витков, для которого выполняется условие (9). Для полного описания структуры намотки графики, относящиеся к разным значениям m и n , нужно просуммировать.

В качестве примера на рис. 2 приведен график, характеризующий структуру намотки бобины, полученной на прядильной самокруточной машине ПСК-225ШГ2.

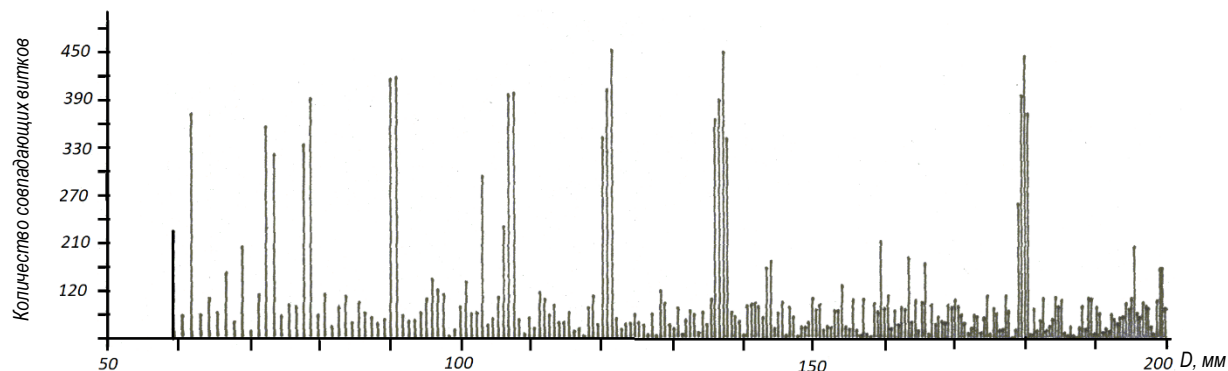


Рис. 2. График структуры намотки для машины ПСК-225ШГ2

Из приведенного графика видно, что на некоторых диаметрах намотки наблюдается большое количество совпадающих витков. На этих диаметрах формируются дефекты намотки в виде жгутов. По приведенному графику можно проводить объективную оценку качества намотки.

ВЫВОДЫ

1. Установлены соотношения кинематических параметров мотального механизма, приводящие к возникновению дефектов намотки.

2. Разработана система контроля кинематических параметров мотального механизма, позволяющая получить сведения о структуре намотки за весь период формирования бобины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Островский А. Е. Критерии для определения вида намотки // Текстильная промышленность. – 1969. – № 8. – С. 89–92
2. Палочкин С. В., Рудовский П. Н., Нуриев М. Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2006. – 240 с.
3. Рудовский П. Н. Разработка методики проектирования бобинодержателей для машин хлопкопрядильного производства с целью повышения качества цилиндрических паковок : дис. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1985. – 194 с.
4. Рудовский П. Н., Киприна Л. Ю., Нуриев М. Н. Методика количественной оценки параметров структуры намотки // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2005. – № 11. – С. 27–30.
5. Киприна Л. Ю., Рудовский П. Н. Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2011. – 111 с.
6. Лазоренко В. М. Цилиндрическая комбинированная намотка на кольцевых прядильных машинах : дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1950. – 123 с.
7. Lünenschloß J., Peterfi M. Die Untersuchung des Aufbaues von Streckzwirnkopsen // Textil Praxis. – 1964. – N 12. – S. 1179–1185.
8. ABA R-3060 Automatic Bobbin Analyser : Проспект фирмы Rothschild. – 1990. – 4 с.
9. Нуриев М. Н., Рудовский П. Н. Прибор для контроля намотки нити на бобину / Ташкент. ин-т текст. и лег. пром-сти. – Ташкент, 1992. – Деп. в УзНИИТИ №162-Уз92.
10. А. с. № 1796700 СССР. 09.04.1990. Устройство для контроля качества намотки на бобину / Рудовский П. Н., Нуриев М. Н.; Ташкент. ин-т текст. и лег. пром-сти им. Ю. Ахунбабаева. – Оpubл. 23.02.1993, Бюл. № 7.
11. Денисов А. Р., Киприна Л. Ю., Рудовский П. Н. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 4С. – С. 111–113.

REFERENCES

1. Ostrovskij A. E. Kriterii dlya opredeleniya vida namotki // Tekstil'naya promyshlennost'. – 1969. – № 8. – S. 89–92
2. Palochkin S. V., Rudovskij P. N., Nuriev M. N. Metody i sredstva kontrolya osnovnyh parametrov tekstil'nyh pakovok. – M. : MG TU im. A. N. Kosygina, 2006. – 240 s.
3. Rudovskij P. N. Razrabotka metodiki proektirovaniya bobinoderzhatelej dlya mashin hlopkopryadil'nogo proizvodstva s cel'yu povysheniya kachestva cilindricheskikh pakovok : dis. ... kand. tekhn. nauk. – Tashkent, 1985. – 194 s.
4. Rudovskij P. N., Kiprina L. Yu., Nuriev M. N. Metodika kolichestvennoj ocenki parametrov struktury namotki // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2005. – № 11. – S. 27–30.
5. Kiprina L. Yu., Rudovskij P. N. Ocenka kachestva struktury tekstil'nyh pakovok s ispol'zovaniem sovremennyh informacionnyh tekhnologij. – Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2011. – 111 s.
6. Lazorenko V. M. Cilindricheskaya kombinirovannaya namotka na kol'cevyh pryadil'nyh mashinah : dis. ... kand. tekhn. nauk. – L., 1950. – 123 s.
7. Lünenschloß J., Peterfi M. Die Untersuchung des Aufbaues von Streckzwirnkopsen // Textil Praxis. – 1964. – N 12. – S. 1179–1185.
8. ABA R-3060 Automatic Bobbin Analyser : Prospekt firmy Rothschild. – 1990. – 4 s.

9. Nuriev M. N., Rudovskij P. N. Pribor dlya kontrolya namotki niti na bobinu / Tashkent. in-t tekst. i leg. prom-sti. – Tashkent, 1992. – Dep. v UzNIINTI №162-Uz92.
10. А. с. № 1796700 SSSR. 09.04.1990. Ustrojstvo dlya kontrolya kachestva namotki na bobinu / Rudovskij P. N., Nuriev M. N.; Tashkent. in-t tekst. i leg. prom-sti im. YU. Ahunbabaeva. – Opubl. 23.02.1993, Byul. № 7.
11. Denisov A. R., Kiprina L. YU., Rudovskij P. N. Primenenie metodov klaster'nogo analiza dlya kontrolya kachestva pakovok krestovoj namotki // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2006. – № 4С. – S. 111–113.

05.19.02 Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья
УДК 627.027:66.047.37

Тулах Любомир

кандидат технических наук
фирма «ВУТС, а. о.» (VUTS, a. s.), г. Либерец, Чехия

Киселев Михаил Владимирович

доктор технических наук, доцент

Киселёв Николай Владимирович

доктор технических наук, доцент

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

Lubomir.Tulach@vuts.cz, kisselev50@mail.ru, kstu-tplv@yandex.ru

РАЗРАБОТКА СВЧ-СУШИЛКИ ДЛЯ ТКАНЕЙ

(Работа выполнена по проекту № LO1213 при финансовой поддержке Министерства образования, молодежи и спорта Чешской Республики)

В статье приводятся результаты работы сотрудников фирмы «ВУТС, а. о.» по созданию СВЧ-сушилки текстильных тканей и сеток мощностью 23 кВт. Вместо классических сушилок широкое применение находит сушильное оборудование с использованием СВЧ-излучения. Для повышения эффективности такого оборудования фирмой «ВУТС» предложена система с повторным отражением части излучения, прошедшего сквозь обработанный материал, в зону сушки. Для этого в состав оборудования введена специальная система отражателей. Кроме того, предложенная сушилка использует для предварительного нагрева ткани теплый воздух, получаемый в зоне основной сушки как побочный продукт. Это позволяет дополнительно повысить энергоэффективность оборудования в целом. Этот принцип применения подогретого воздуха в сушилке СВЧ защищен патентом на изобретение.

Ключевые слова: СВЧ, сушилка, вентилятор, магнетрон, ткань, текстильная сетка, энергия.

Чешская фирма «ВУТС, а. о.» (VUTS, a. s.) занимается исследованием, конструированием и производством текстильного оборудования. В последние годы «ВУТС» было разработано СВЧ-оборудование для сушки тканей и текстильных сеток.

Современные сушилки, выполненные по традиционной схеме [1], используют генераторы тепловой энергии мощностью до нескольких мегаватт и вентиляторы с мощностью до 120 кВт (на одну сушилку). В процессе сушки вода переводится в пар и выводится из зоны технологической обработки с помощью потока воздуха, создаваемого вентилятором. При этом значительная доля энергии расходуется непродуктивно на нагрев стенок сушильной камеры и нагрев воздуха в камере.

На рис. 1 показано распределение расхода энергии в сушилке с классическим принципом действия, использующей в качестве теплоносителя нагретый воздух. Анализ показал, что до 50 % энергии не участвует в основном технологическом процессе.

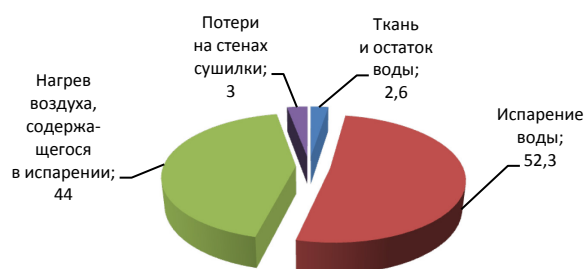


Рис. 1. Распределение расхода энергии в классической сушилке

Одним из эффективных методов сушки является использование СВЧ-энергии [2–4]. СВЧ-излучение действует непосредственно на воду, содержащуюся в обрабатываемом текстильном материале. В отличие от обычных методов сушки, для которых перенос влаги внутри тела происходит под действием градиентов влагосодержания и температуры, при сушке в поле сверхвысокой частоты на перенос влаги основное влияние оказывает напряженность электрического и магнитного полей. За счет этого достигается высокая эффективность сушки.

Результатом настоящей работы является создание в рамках сотрудничества с исследовательским центром «Текстиль» Технического университета в городе Либерец (Чехия) СВЧ-сушилки мощностью 23 кВт [5], которая для дополнительного повышения эффективности процесса сушки использует систему отражающих досок (рис. 2). Неабсорбированная в просушиваемом материале энергия излучения с их помощью отражается обратно в зону сушки ткани. Расположение отражающих досок показано на фотографии (рис. 3).

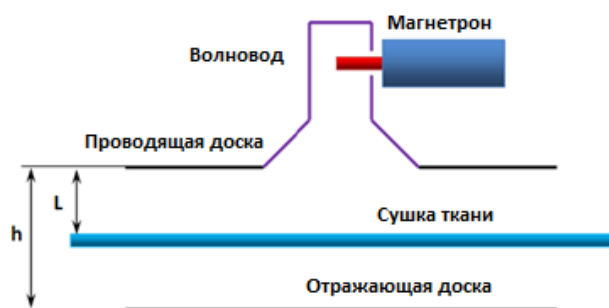


Рис. 2. Схема СВЧ-сушилки тканей «ВУТС»



Рис. 3. Система отражающих досок

Кроме того, эта сушилка эффективно использует для предварительного нагрева ткани подогретый воздух, который образуется в результате охлаждения СВЧ-генераторов. Известно, что КПД этих генераторов (магнетронов) составляет 65 %, остальная энергия выделяется в виде тепла, что приводит к перегреву магнетронов, которые нуждаются в принудительном охлаждении. Охлаждение производится путем обдува воздухом. Температура воздуха на выходе из блока магнетронов составляет ≈ 38 °С.

Обычно этот воздух, имеющий довольно низкую температуру, в технологическом процессе не используется. Однако он позволяет производить предварительный нагрев ткани, поступающей в зону сушки. Техническое решение на использование воздуха, поступающего из зоны установки магнетронов, защищено патентом [5].

Эффективность СВЧ-сушки существенно зависит от параметров h и L (см. рис. 2). В процессе проектирования был произведен их выбор, обеспечивающий наибольшую энергоэффективность. В результате доля энергии, затрачиваемой на непродуктивный нагрев воздуха, снизилась с 44 до 21 %. Общий вид сушилки, разработанной в ВУТС, показан на рис. 4.

ВЫВОД

Преимуществом разработанной современной СВЧ-сушилки является экономия энергии за счет совместного использования энергии не только для охлаждения СВЧ-генератора, но и для предварительного нагрева ткани, поступающей в зону сушки.



Рис. 4. Общий вид СВЧ-сушилки чешской фирмы «ВУТС, а. о.»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Arun S. Mujumdar. Handbook of Industrial Drying. – 4-th ed. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – 1348 p.
2. Microwave Applicators for Industrial Purposes / J. Vrba, M. Stejskal, J. Vrba (Jr.), T. Vydra, and M. Pourova // Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Mar. 20–23. – Marrakech, Morocco, 2011. – P. 1825–1829.
3. Microwave Drying of Textile Materials and Optimization of a Resonant Applicator / M. Pourova, J. Vrba // Acta Polytechnica. – 2006. – Vol. 46. – N 5. – P. 3–7.
4. Stejskal M., Vrba J., Klepl R. Microwave Drier for Fabrics : european patent number EP1319914 A2, 18-06-2003.
5. Заявка на изобретение № 2009-755. СВЧ-сушилка плоских предметов, прежде всего текстиля и бумаги [Электронный ресурс] / Ведомство промышленной собственности Чешской Республики. – Режим доступа : http://spisy.upv.cz/Applications/2009/PPVCZ2009_0755A3.pdf (дата обращения: 14.05.2018).

REFERENCES

1. Arun S. Mujumdar. Handbook of Industrial Drying. – 4-th ed. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – 1348 p.
2. Microwave Applicators for Industrial Purposes / J. Vrba, M. Stejskal, J. Vrba (Jr.), T. Vydra, and M. Pourova // Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Mar. 20–23. – Marrakech, Morocco, 2011. – P. 1825–1829.
3. Microwave Drying of Textile Materials and Optimization of a Resonant Applicator / M. Pourova, J. Vrba // Acta Polytechnica. – 2006. – Vol. 46. – N 5. – P. 3–7.
4. Stejskal M., Vrba J., Klepl R. Microwave Drier for Fabrics : european patent number EP1319914 A2, 18-06-2003.
5. Zayavka na izobretenie № 2009-755. SVCH-sushilka ploskih predmetov, prezhde vsego tekstilya i bumagi [Ehlektronnyj resurs] / Vedomstvo promyshlennoj sobstvennosti Cheshskoj Respubliki. – Rezhim dostupa : http://spisy.upv.cz/Applications/2009/PPVCZ2009_0755A3.pdf (data obrashcheniya: 14.05.2018).

05.19.02 Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья
УДК 677.021

Кузнецова Наталья Сергеевна

кандидат технических наук, доцент

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

leto044@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЯ ПРОДУКТА, СФОРМИРОВАННОГО В АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ КРУТИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ

В статье предложены модели, объясняющие механизм возникновения кручений в готовой пряже, сформированной вьюрковым способом. Выполнено описание разработанного лабораторного стенда по определению числа кручений, сформированных воздушным вихрем. Проведены экспериментальные исследования по определению компонентов деформации кручения, построены и проанализированы графические зависимости, определены доли упругой, эластической и пластической составляющих деформаций кручения.

Ключевые слова: кручение пряжи воздушным вихрем, аэродинамическое крутильное устройство, льняная пряжа, вьюрковый способ, деформация кручения.

Развитие вьюркового способа формирования льняной пряжи мокрого прядения позволит повысить производительность труда и оборудования. Формирование пряжи из ровницы или ленты осуществляется тремя процессами: вытягиванием, кручением и наматыванием. В кольцевом прядении процессы кручения и наматывания продукта совмещены, что накладывает ограничение на скорость выпуска. При вьюрковом способе процесс наматывания отделен от кручения продукта, при этом последнее осуществляется с помощью воздушного вихря в пневматическом вьюрке аэродинамического крутильного устройства (АКУ) [1–3]. При таком способе закручивания продукта считается, что пряжа получает ложное кручение [4], то есть перед вьюрком пряжа получает кручения в одну сторону, после вьюрка в противоположную и в результате суммарная крутка на готовом продукте равна нулю. Фактически в готовой пряже, сформированной вьюрковым способом, существуют участки с реальной круткой. Выдвинуто предположение, что это происходит ввиду появления эластической и пластической составляющей деформаций кручения продукта (рис. 1).

В сформированной пряже после нитераскладчика часть кручений исчезнет мгновенно, поскольку макромолекулы под действием сил межмолекулярного взаимодействия стремятся вернуться в исходное состояние, – это упругая составляющая деформации. Остальные составляющие деформации ввиду быстротечности процесса наматывания сохраняются, то есть части смещенных макромолекул требуется некоторое время, чтобы они вернулись в исходное положение и восстановили старые межмолекулярные связи

(эластическая деформация) или сместившиеся под действием нагрузки макромолекулы не могут вернуться в исходное положение (пластическая). Далее пряжа, наматываясь на бобину в мокром виде, подвергается прижиму мотальным барабанчиком и, вероятно, дополнительное влияние оказывает природная «липкость» волокон, что вызывает фиксацию крутки на сформированной пряже.

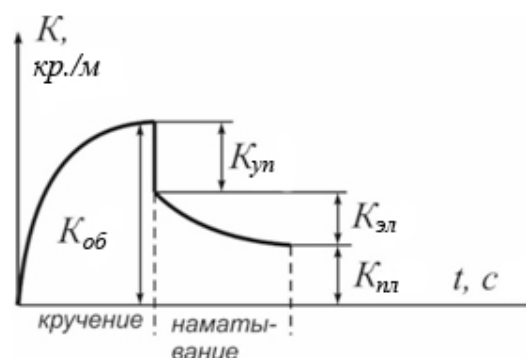


Рис. 1. Компоненты деформации кручения

Для изучения явления возникновения остаточной деформации пряжи при кручении проведены экспериментальные исследования по определению компонентов деформации кручения. Для их осуществления был разработан прибор (рис. 2). В отличие от приборов для определения крутки и величины крутящего момента как функции крутки, использующих косвенный метод измерения, разработанный прибор позволяет непосредственно определять крутку в любом сечении испытываемого образца мычки.

Прибор (см. рис. 2) содержит штатив 1, выполняющий роль несущего элемента конструкции, кронштейны с зажимами 3 и 3' и кронштейны с вьюрками 4 и 4', которые могут перемещаться по штативу и фиксироваться в любом положении.

Закрепленные на кронштейнах два пневмовьюрковых устройства 4 и 4' могут создавать различные направления крутки. Количественная оценка оборотов продукта производится прикрепленной к мычке фольговой стрелкой 5, проходящей через бесконтактный датчик 6, который подает сигнал через усилитель 7 на ЭВМ 8.

Методика проведения экспериментальных исследований заключается в следующем. Льняная мычка 2, снятая с выпуска вытяжной пары прядильной машины, в мокром натуральном состоянии закрепляется в зажимах 3 и 3'. Во вьюрковые устройства 4 и 4' подается сжатый воздух под давлением P , и производится регистрация количества оборотов продукта на

ЭВМ. После прекращения подачи воздуха происходит раскручивание мычки, производится регистрация количества оборотов через некоторые интервалы времени, затем рассчитывается крутка.

По разработанной методике были проведены испытания по определению остаточной крутки в третьей зоне после закручивания мычки пневматическими вьюрками. Исследования показали, что закрученная мычка после остановки процесса кручения частично сохраняет приобретенное число кручений, это может служить объяснением возникновения крутки в готовой пряже. Результаты испытаний приведены в таблице.

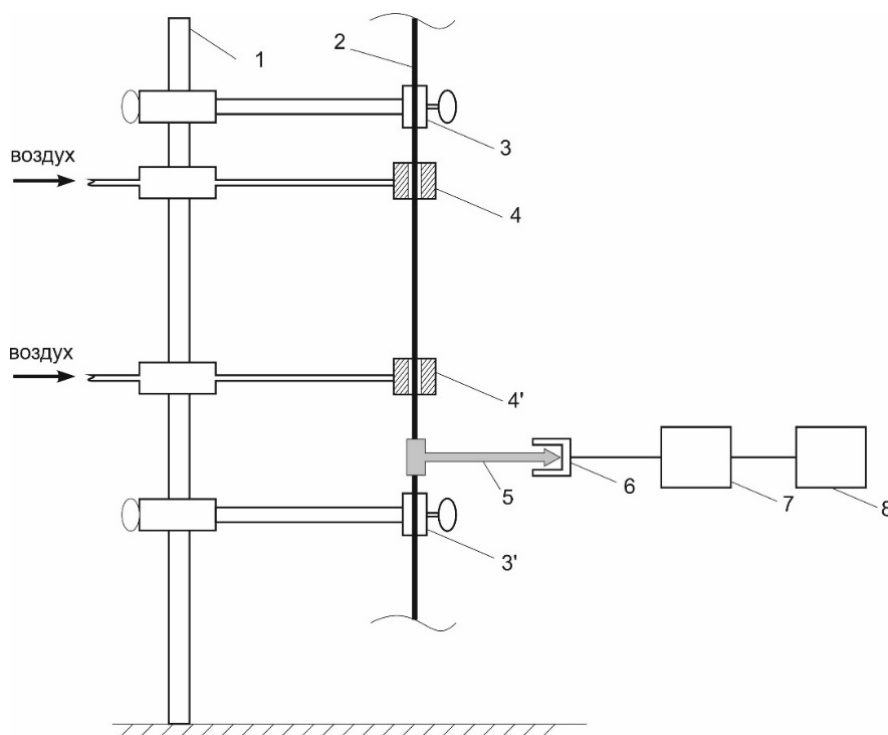


Рис. 2. Прибор для определения крутки

Таблица

Исследования релаксационных процессов деформации кручения мычки при помощи двух вьюрков

Давление, подаваемое в АКУ, МПа	Крутка мычки в третьей зоне в начальный момент времени после остановки АКУ, кр./м	Крутка мычки, кр./м в третьей зоне через				
		5 с	10 с	30 с	3 мин	4 мин
Воздушные вихри во вьюрках направлены в противоположные стороны						
0,1	500	350	341	300	270	270
0,15	520	362	346	296	274	274
0,2	544	364	351	310	280	270
0,25	581	370	356	312	284	282
0,3	590	376	364	316	290	290
Воздушные вихри во вьюрках направлены в одну сторону						
0,1	490	326	320	296	273	272
0,15	515	348	340	297	276	276
0,2	529	351	350	312	279	279
0,25	562	364	357	314	282	282
0,3	575	369	362	317	293	291

В результате обработки экспериментальных данных построены графические зависимости (рис. 3) и установлено:

- для разнонаправленного воздушного вихря: упругая составляющая деформации кручения в среднем 33,2 %, эластическая составляющая деформации кручения в среднем 15,5 %, пластическая составляющая деформации кручения в среднем 51,2 %;
- для однонаправленного воздушного вихря: упругая составляющая деформации кручения

в среднем 34,4 %, эластическая составляющая деформации кручения в среднем 13,5 %, пластическая составляющая деформации кручения в среднем 52,6 %.

Проведенные исследования доказывают возможность появления крутки в готовой вьюрковой пряже, так как пластическая деформация, вызванная процессом кручения, не дает волокнам моментально вернуться в начальное недеформированное состояние.

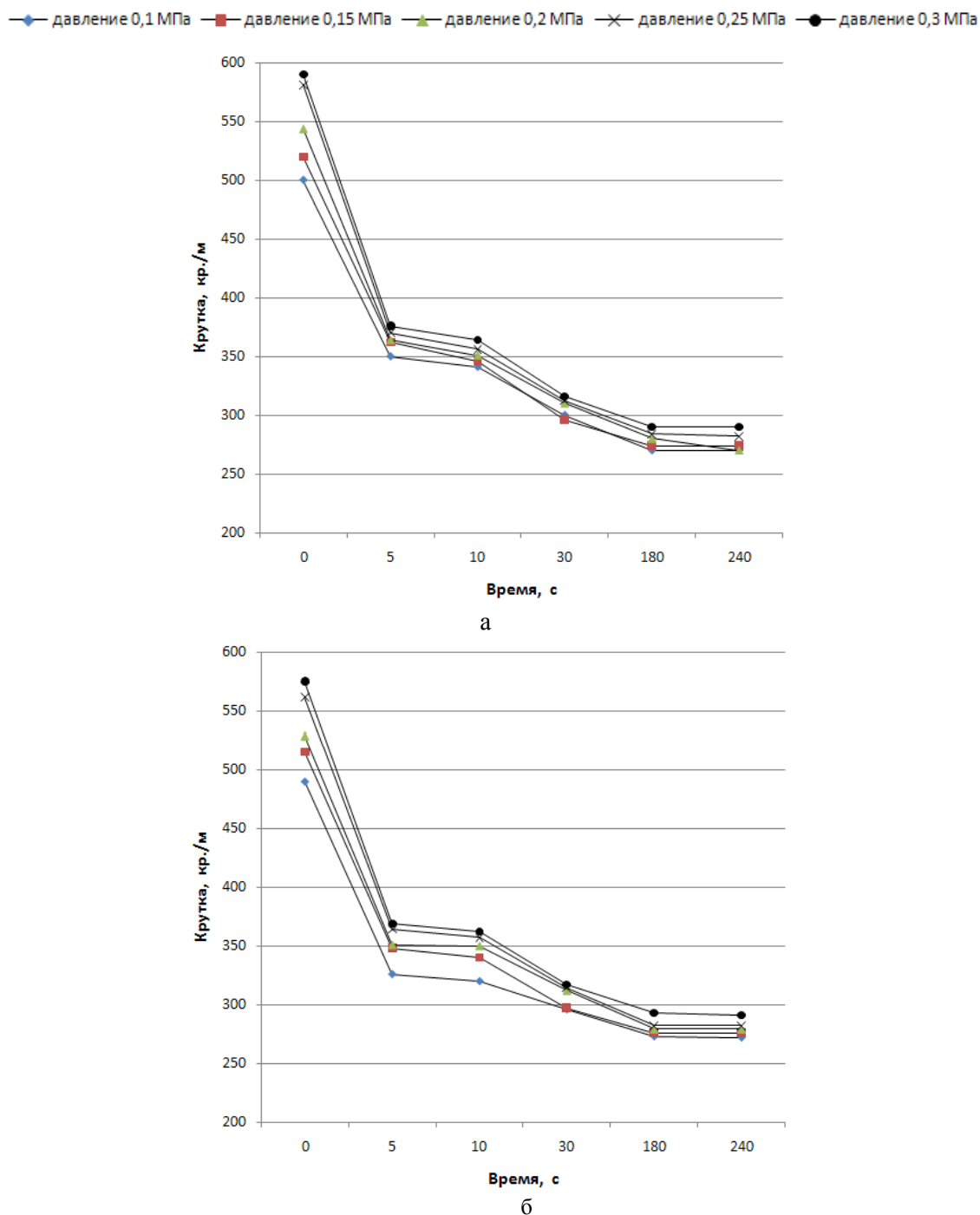


Рис. 3. Релаксационные процессы изменения количества кручений в мычке, закрученной во вьюрках: а – вращение воздуха в противоположные стороны; б – вращение воздуха в одну сторону

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецова Н. С., Ильин Л. С., Проталинский С. Е. Вьюрковое прядение льна : монография. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2013. – 88 с.
2. Кузнецова Н. С., Ильин Л. С. Двухвьюрковый способ получения льняной пряжи // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Текстиль-2009» (Москва, 24–25 нояб. 2009 г.). – М., 2009. – С. 17.
3. Кузнецова Н. С., Телицын А. А., Ильин Л. С. Динамика кручения пряжи при вьюрковом прядении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 3. – С. 61–63.
4. Павлов Ю. В. Неподвижные вьюрки в прядении. – М. : Легкая индустрия, 1978. – 120 с.

REFERENCES

1. Kuznecova N. S., Il'in L. S., Protalinskij S. E. V'yurkovoe pryadenie l'na : monografiya. – Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2013. – 88 s.
2. Kuznecova N. S., Il'in L. S. Dvuhv'yurkovyj sposob polucheniya l'nyanoj pryazhi // Sovremennye tekhnologii i oborudovanie tekstil'noj promyshlennosti : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Tekstil'-2009» (Moskva, 24–25 noyab. 2009 g.). – M., 2009. – S. 17.
3. Kuznecova N. S., Telicyn A. A., Il'in L. S. Dinamika krucheniya pryazhi pri v'yurkovom pryadenii // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2013. – № 3. – S. 61–63.
4. Pavlov Yu. V. Nepodvizhnye v'yurki v pryadenii. – M. : Legkaya industriya, 1978. – 120 s.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

05.19.01 Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности
УДК 677. 311.2

Орлов Александр Валерьевич

кандидат технических наук

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

Пашин Евгений Львович

доктор технических наук, профессор

Костромская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кострома, Россия

aorlov@list.ru, evgpashin@yandex.ru

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАЗРЫВЕ СОВОКУПНОСТИ ВОЛОКОН, ПРЯЖИ И НИТЕЙ

Предметом исследования является алгоритм расчета коэффициента реализации прочности совокупности волокон, одновременно подвергающихся разрыву при их осевом растяжении. Установлено, что при его определении существуют сложности с аналитическим нахождением параметров распределения Вейбулла, в частности, параметра α , определяющего структурные особенности исследуемого материала. Произведено сравнение двух методов численного нахождения приближенного значения: α -метода дихотомии и метода Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно. По результатам сравнительного анализа рекомендовано использование метода дихотомии вследствие его малой вычислительной сложности. Для него создана программа для ЭВМ, позволяющая оперативно рассчитывать коэффициент реализации прочности волокна, а также необходимые для этого параметры распределения Вейбулла. Выполнена серия экспериментов по определению коэффициента использования прочности различных видов пряжи и нитей.

Ключевые слова: волокно, разрыв, коэффициент использования прочности, алгоритм расчета, дихотомия, численный метод.

Одним из важнейших показателей качества пряжи является ее прочность на разрыв, которая, в свою очередь, зависит от свойств входящих в ее состав волокон и технологических параметров процесса получения [1]. При стандартных методах испытаний прочность пряжи оценивается по наибольшему напряжению при ее продольном разрыве [2]. Исходя из современных представлений, большой вклад в формирование прочности пряжи вносят характеристики дефектности и гетерогенности структуры [3]. Поэтому процесс разрыва совокупности волокон (в том числе пряжи, нити) при испытании подчиняется вероятностным закономерностям. Его представляют как последовательный разрыв отдельных волокон, имеющих разную прочность и разрывное удлинение [4]. В этом случае разрушение начинается с наиболее слабых и нагруженных волокон, с последующим перераспределением нагрузки на остальные. Таким образом, при осевом растяжении составляющие всю совокупность волокна разрушаются посте-

пенно, что ведет к снижению эффективности использования их суммарной прочности.

Наиболее развитыми теориями, описывающими подобный механизм разрушения, являются статистические теории прочности, в частности, теория, основывающаяся на двухпараметрическом распределении Вейбулла [5].

На основе данной теории П. Г. Бабаевским [6] представлен вариант расчета отношения k прочности пучка волокон к их средней прочности и графическая зависимость этого отношения от величины параметра распределения Вейбулла α , характеризующего структурные особенности материала. Показано, что в интервале изменения α от 2 до 15 величина отношения k может изменяться от 0,4 до 0,8.

Исследуя возможности использования указанной статистической теории применительно к текстильной нити (пряже) [7], дана методика расчета параметров распределения Вейбулла с использованием гамма-функции Эйлера, а именно: P_* – параметра, характеризующего модальное значение прочности; α – параметра, определяющего структурные особенности мате-

риала. Алгоритм предусматривает опосредованный учет влияния длины образца в виде изменения параметра Вейбулла, а для нахождения P_* и α предложено решение системы уравнений:

$$\begin{cases} \bar{P}_e = P_* \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right), \\ D = P_*^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right], \end{cases} \quad (1)$$

где \bar{P}_e – средняя прочность пучка;
 D – дисперсия прочности пучка;
 $\Gamma(x)$ – гамма-функция Эйлера.

Найденные таким образом значения P_* и α используются при расчете упомянутого выше отношения k прочности пучка волокон к их средней прочности с применением зависимости

$$k = \frac{\alpha e^{-1/\alpha}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}, \quad (2)$$

где e – основание натурального логарифма.

Очевидно, что знание величины k является чрезвычайно полезным при сравнительном испытании волокон, пряжи и нитей с разной структурой и свойствами. Величину k применительно к текстильным нитям предложено называть коэффициентом реализации прочности волокна [7]. Однако для вычисления коэффициента k требуется параметр α . Зная значения P_* и α по результатам эксперимента, решение системы уравнений (1) приводит к следующему выражению:

$$\frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)} = \frac{D}{\bar{P}_e^2} + 1. \quad (3)$$

Однако, учитывая сложность аналитического определения гамма-функции, решение данного уравнения аналитическим путем представляется затруднительным. Вместо этого возможно использование метода с нахождением корня численным методом с применением ЭВМ. Для этого представим обе части уравнения (3) графически (рис. 1).

Как видно из графика, левая часть уравнения представляет собой монотонную функцию, что позволяет воспользоваться методом дихотомии [8] для численного нахождения приближенного значения корня.

В качестве альтернативного численного метода был также рассмотрен метод Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно [9]. Он имеет

более широкую область применения, но его вычислительная сложность значительно превосходит таковую у метода дихотомии.

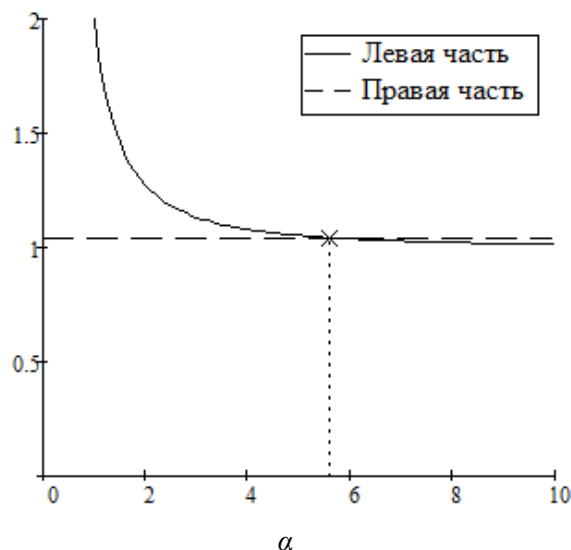


Рис. 1. Графическое представление уравнения (3)

Для реализации указанных методов был использован известный алгоритм [10] вычисления приближенного значения гамма-функции. Он представляет собой алгоритмически упрощенный вариант другого известного способа [11] вычисления гамма-функции $\Gamma(z)$ с заявленной точностью вычисления до $|\varepsilon| < 2 \cdot 10^{-10}$ для положительных действительных z , а также комплексных z с положительной действительной частью:

$$\Gamma(z) = \frac{\sum_{n=0}^6 q_n z^n}{\prod_{n=0}^6 (z+n)} (z+5,5)^{z+0,5}, \quad (4)$$

где $q_0 = 75122,6331530$; $q_1 = 80916,6278952$;
 $q_2 = 36308,2951477$; $q_3 = 8687,24529705$;
 $q_4 = 1168,92649479$; $q_5 = 83,8676043424$;
 $q_6 = 2,50662827511$.

На основании формул (2)–(4) с применением метода дихотомии была составлена программа для ЭВМ (интерфейс представлен на рис. 2). Для ее реализации в качестве входных значений принимают среднее квадратическое отклонение (СКО) и среднее арифметическое прочности на разрыв пучка. Это обеспечивает расчет величины коэффициента k , параметра структурных особенностей α (с точностью до 10^{-4}) и модальной прочности P_* .

Вследствие архитектурных ограничений используемых вычислительных средств допустимый диапазон возможных значений α ограничен диапазоном от 0,02 ($k = 5,633\%$) до 10^6 ($k = 99,999\%$). Поскольку левая часть уравне-

ния (3) стремится к бесконечности по мере приближения значения α к нулю, минимально допустимое значение α будет определяться ограничением на максимальную величину числа, поддающегося обработке базовыми средствами ЭВМ. Правая граница диапазона ограничена лишь практически приемлемым значением α , поскольку по мере увеличения α коэффициент использования прочности k будет асимптотически стремиться к 100 %.

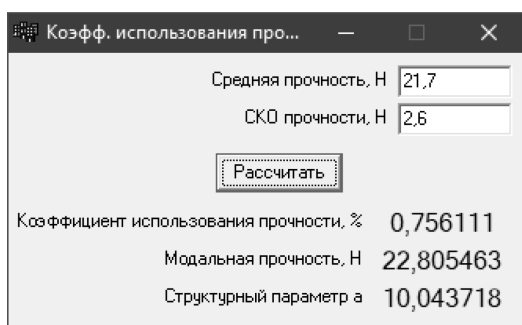


Рис. 2. Интерфейс программы расчета коэффициента k

Было проведено определение коэффициента k и параметров распределения Вейбулла у различных нитей и пряжи по обоим упомянутым методам расчета. Сравнительные испытания

реализовали с использованием разрывной машины РМ-30-1 при межзажимном расстоянии 5 мм.

Применительно к полученным средним значениям прочности и СКО с использованием созданной программы были рассчитаны: k , P_* , α . Их значения представлены в таблице.

ВЫВОДЫ

1. При определении отношения прочности пучка волокон к их средней прочности как показателя неоднородности структуры пучка волокон, пряжи и нитей возникают трудности, связанные с аналитическим нахождением корня уравнения, содержащего гамма-функцию.

2. По результатам сравнительного анализа двух известных методов численного нахождения приближенного значения корня нелинейного уравнения рекомендован вариант с использованием метода дихотомии по причине его малой алгоритмической сложности.

3. На основе выбранного алгоритма создана программа для ЭВМ, позволяющая оперативно рассчитывать P_* – модальное значение прочности, α – параметр, характеризующий структурные особенности материала, а на их основе k – коэффициент реализации прочности волокна.

Таблица

Результаты испытаний разных волокнистых материалов

Вид материала, волокнистый состав	Линейная плотность, текс	Входные данные		Варианты вычисления					
				А) численный метод расчета BFGS ¹			Б) предложенный алгоритм расчета		
				Среднее значение разрывного усилия, Н	СКО, Н	Коэффициент k , %	Параметры распределения Вейбулла		Коэффициент k , %
P_* , Н	α	P_* , Н	α						
Нить, углерод	100	34,1	5,4	0,711894	36,36	7,46	0,711894	36,36	7,46
Нить, базальт	250	108,3	8,6	0,812175	112,02	15,44	0,812175	112,02	15,44
Нить, полиэстер	30	20,5	0,2	0,962381	20,59	140,06	0,962380	20,59	140,06
Пряжа, лен	100	24,9	1,9	0,812895	25,72	15,52	0,812895	25,72	15,52
Пряжа, хлопок	80	21,9	1,2	0,855039	22,43	22,92	0,855039	22,43	22,92

Примечание: разница в значениях k , P_* , α между вариантами А и Б начинает формироваться в шестом (и более) знаке после запятой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Механическая технология текстильных материалов / А. Г. Севостьянов, Н. А. Осьмин, В. П. Щербаков [и др.]. – М., 1989. – 512 с.
2. ГОСТ ISO 2062–2014. Материалы текстильные. Пряжа в паковках. Методы определения разрывной нагрузки и относительного удлинения при разрыве одиночной нити с использованием прибора для испытаний с постоянной скоростью растяжения образца (CRE). – М., 2015. – 16 с.
3. Перепёлкин К. Е. Структура и свойства волокон. – М., 1985. – 208 с.
4. Поздняков Б. П. Методы статистического контроля и исследования текстильных материалов. – М., 1978. – 280 с.

5. Weibull W. A Statistical Theory of the Strength of Materials // Proceeding of the Royal Swedish Institute. – Stockholm, 1939. – 210 p.
6. Бабаевский П. Г. Промышленные полимерные композиционные материалы. – М., 1980. – 472 с.
7. Щербаков В. П., Скуланова Н. С. Теория проектирования пряжи из многокомпонентной смеси // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005. – № 2. – С. 28–32.
8. Методы дихотомии [Электронный ресурс] // Machine Learning – 2018. – 5 с. – Режим доступа : http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title = Методы_дихотомии&oldid = 5756 (дата обращения: 04.06.2018).
9. Avriel Mordecai. Nonlinear Programming: Analysis and Methods. – Dover Publishing, 2003.
10. Toth V.T. The Gamma Function [Electronic resource] // R/S Key. Programmable Calculators, 2012. – 7 p. – Mode of access: <https://www.rskey.org/CMS/index.php/the-library/11> (дата обращения: 04.06.2018).
11. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing / Press W., Teukolsky S., Vetterling W., Flannery B. – 3-d ed. (with sources). – Cambridge : Cambridge University Press, 2007. – 1962 p.

REFERENCES

1. Mekhanicheskaya tekhnologiya tekstil'nyh materialov / A. G. Sevost'yanov, N. A. Os'min, V. P. Shcherbakov [i dr.]. – М., 1989. – 512 s.
2. GOST ISO 2062–2014. Materialy tekstil'nye. Pryazha v pakovkah. Metody opredeleniya razryvnoj nagruzki i odnositel'nogo udlineniya pri razryve odinochnoj niti s ispol'zovaniem pribora dlya ispytaniy s postoyannoj skorost'yu rastyazheniya obrazca (CRE). – М., 2015. – 16 s.
3. Perepyolkin K. E. Struktura i svoystva volokon. – М., 1985. – 208 s.
4. Pozdnyakov B. P. Metody statisticheskogo kontrolya i issledovaniya tekstil'nyh materialov. – М., 1978. – 280 s.
5. Weibull W. A Statistical Theory of the Strength of Materials // Proceeding of the Royal Swedish Institute. – Stockholm, 1939. – 210 p.
6. Babaevskij P. G. Promyshlennye polimernye kompozicionnye materialy. – М., 1980. – 472 s.
7. SHCHerbakov V. P., Skulanova N. S. Teoriya proektirovaniya pryazhi iz mnogokomponentnoj smesi // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2005. – № 2. – S. 28–32.
8. Metody dihotomii [Ehlektronnyj resurs] // Machine Learning – 2018. – 5 s. – Rezhim dostupa : http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title = Metody_dihotomii&oldid = 5756 (data obrashcheniya: 04.06.2018).
9. Avriel Mordecai. Nonlinear Programming: Analysis and Methods. – Dover Publishing, 2003.
10. Toth V. T. The Gamma Function [Electronic resource] // R/S Key. Programmable Calculators, 2012. – 7 p. – Mode of access: <https://www.rskey.org/CMS/index.php/the-library/11> (data obrashcheniya: 04.06.2018).
11. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing / Press W., Teukolsky S., Vetterling W., Flannery B. – 3-d ed. (with sources). – Cambridge : Cambridge University Press, 2007. – 1962 p.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

05.02.13 Машины, агрегаты и процессы (по отраслям)

УДК 677.051.178

Травин Михаил Михайлович

доктор технических наук, профессор

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

Разин Сергей Николаевич

доктор технических наук, профессор

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

Привалов Александр Васильевич

ведущий специалист ОАО «Завод МЭЗ-1», г. Москва, Россия

kaf_bi@ksu.edu.ru, razin1954@list.ru, mez1@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСНОВАНИИ ИГОЛЬНО-ПЛАНОЧНОЙ ГАРНИТУРЫ ДЛЯ ЧЕСАНИЯ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН

В статье отражены основные виды отказов, возникающие при эксплуатации и прогнозируемые при создании новых конструкций игольно-планочной гарнитуры, показана необходимость исследования напряженно-деформированного состояния ее основания. С помощью компьютерного моделирования с использованием пакета ANSYS выявлена главная причина отклонения полки основания – прогиб его горизонтальной части. Разработана методика оценки прочности в самых напряженных зонах основания: в его горизонтальной части в окрестностях крайних точек, где она испытывает напряжения изгиба. Планка рассмотрена как составная конструкция, предложены уравнения равновесия ее отдельных элементов под действием сил трения, нормального давления, а также силы технологического воздействия игл на обрабатываемый продукт и усилия от затяжки в клиновом зажиме, передающиеся на основание. Определены значения реактивных сил и положения точек их приложения. Вычислены значения напряжений в самых нагруженных точках основания, которые хорошо согласуются с результатами, полученными на основе конечно-элементного моделирования, доказана целесообразность использования предложенной методики для инженерных расчетов.

Ключевые слова: лубяные волокна, чесание, игольная гарнитура, основание, напряженно-деформированное состояние.

Игольно-планочная гарнитура для чесания лубяных волокон на средних и конечных переходах представляет собой сложную конструкцию, состоящую из стального гнутого основания, игольной полимерной вставки, зажимного, удерживающего вставку, элемента, крепежного соединения (рис. 1).

Одним из основных видов отказов, возникающих при эксплуатации и прогнозируемых при создании новых конструкций гарнитуры, выступает разрушение соединения иглы с основанием. Главной причиной разрушения соединения иглы с полимерной вставкой в рассматриваемой конструкции планки служит отклонение верхней части полок основания, что вызывает изменение его напряженно-деформированного состояния. По мнению ученых [1, с. 39], разрушение обусловлено большими напряжениями, возникающими в самых нагруженных точках основания в зоне перехода бо-

ковых полок в его нижнюю часть посередине пролета.

Таким образом, для выявления истинных причин разрушения рассматриваемого соединения необходимо выполнить исследование напряженно-деформированного состояния основания.

На основе моделирования с использованием метода конечных элементов и программного пакета ANSYS был выявлен характер изменения напряжений по поперечному сечению планки. Установлено, что наибольшие напряжения до 270 МПа имеют место в нижней части основания планки в зоне концентратора напряжений (отверстия под винт) и наиболее опасных точках – в горизонтальной части основания в окрестности ее крайних точек, где она испытывает напряжения изгиба как балка, защемленная одним концом. Результаты моделирования с графическими аннотациями (деформации и/или перемещения, а также эквивалентные напряжения) представлены в виде изоповерхностей и изолиний в прозрачном теле, что отражено на рис. 2.

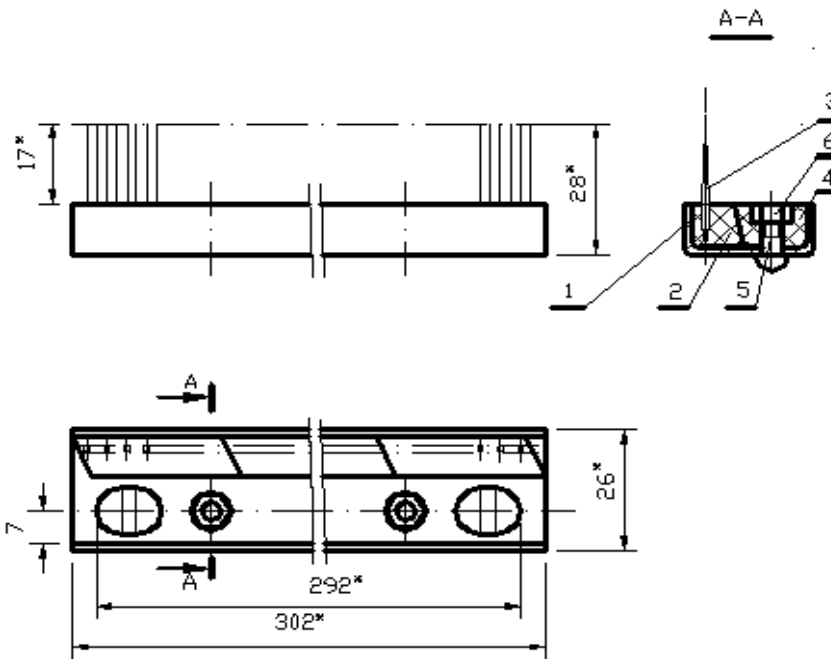


Рис. 1. Планка сборно-разборная для средних и финишных переходов чесания лубяных волокон: 1 – основание; 2 – вставка игольная; 3 – игла; 4 – зажим клиновидный; 5 – винт; 6 – гайка

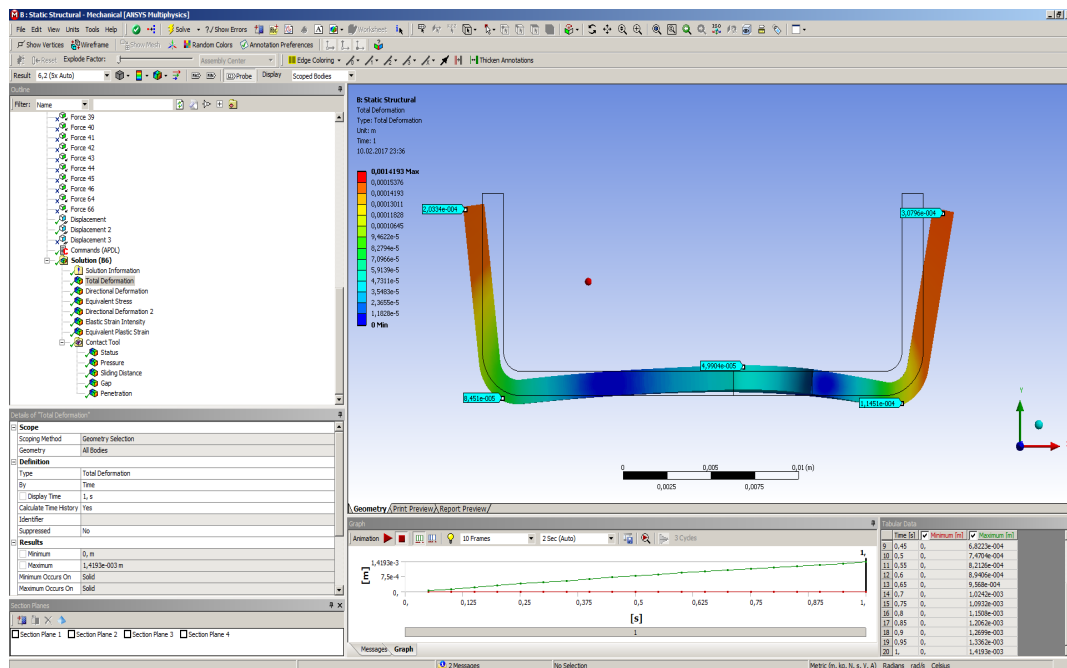


Рис. 2. Деформация основания планки

Как видно из рис. 2, отклонение полок в основном обусловлено прогибом горизонтальной части основания. В связи с этим требуется разработка новой методики определения напряжений в наиболее нагруженных зонах основания, в отличие от предложенной ЦНИИМашдеталь [1, с. 24–39], пригодной для инженерных расчетов при проектировании игольно-планочной гарнитуры. Для разработки инженерного метода расчета расчленим планку на составные элемен-

ты и рассмотрим равновесие элементов гарнитуры как составной конструкции: игольной вставки 1 и клиновидного зажима 2 (рис. 3а, б) под действием плоской системы сил. Это реактивные силы трения ($F_{тр}$, $F_{тр1}$, $F_{тр2}$), силы нормального давления (N , N_1 , N_2), а также силы технологического воздействия игл на обрабатываемый продукт ($F_{техн}$) и усилия от затяжки в клиновом зажиме ($F_{зат}$).

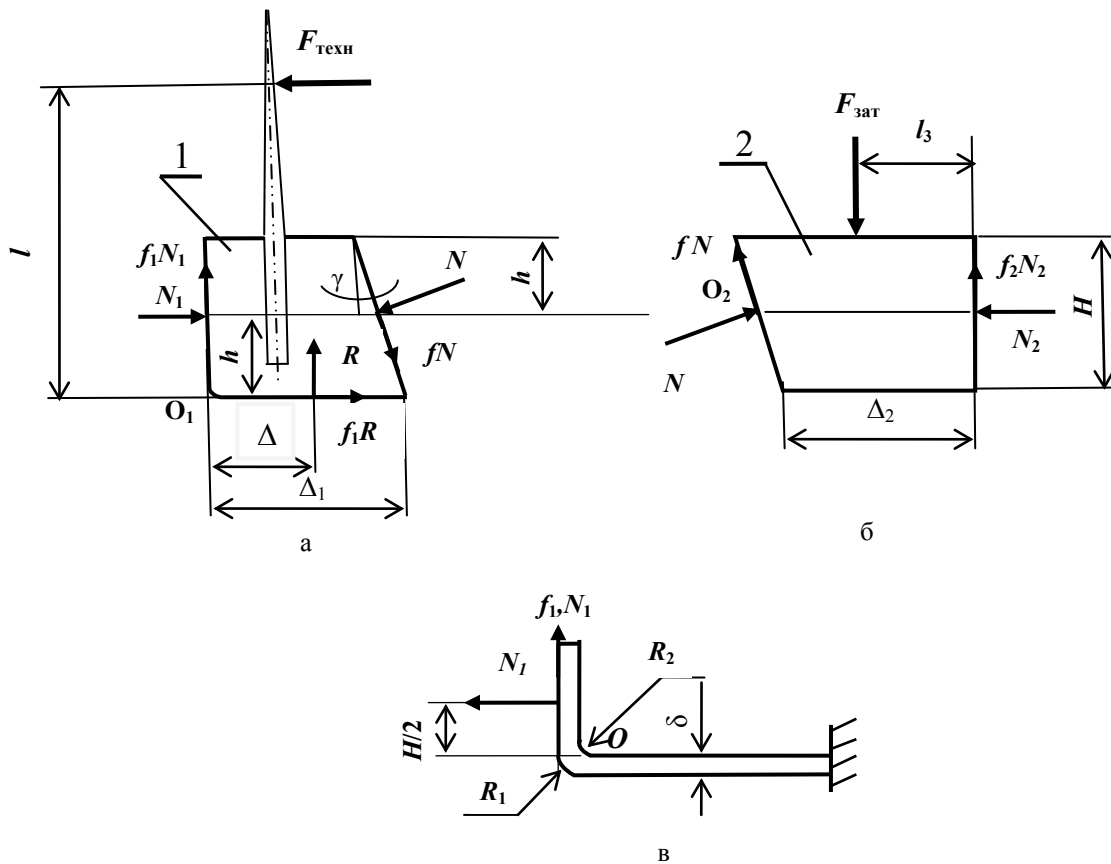


Рис. 3. Системы сил, действующих на элементы планки:
 а – игольную вставку, б – клиновидный зажим, в – основание

Для определения неизвестных сил и точек их приложения в первом приближении будем считать, что равнодействующая сил реакций боковин приложена в середине вертикальных участков. Тогда будем иметь шесть неизвестных:

- для 1: N_1, R, Δ
- и для 2: $N_2, h, N,$

где Δ – расстояние до точки приложения реакции R ;
 h – расстояние до точек приложения нормальных реакций N, N_1, N_2 .

Составим уравнения равновесия для клиновидного зажима:

$$\sum X = N \cos \gamma - fN \sin \gamma - N_2 = 0, \quad (1)$$

$$\sum Y = fN \cos \gamma + N \sin \gamma + f_2 N_2 - F_{\text{зат}} = 0, \quad (2)$$

$$\sum M_{O_2} = -F_{\text{зат}}(\Delta_2 + h \operatorname{tg} \gamma - l_3) + N_2 \left(\frac{H}{2} - h \right) + f_2 N_2 (\Delta_2 + h \operatorname{tg} \gamma) = 0. \quad (3)$$

Из уравнения (1):

$$N(\cos \gamma - f \sin \gamma) = N_2.$$

Из уравнения (2):

$$N(\sin \gamma + f \cos \gamma) + f_2 N_2 = F_{\text{зат}}.$$

Тогда

$$N(\sin \gamma + f \cos \gamma) + f_2 N(\cos \gamma - f \sin \gamma) = F_{\text{зат}},$$

откуда

$$N = \frac{F_{\text{зат}}}{\sin \gamma(1 - ff_2) + \cos \gamma(f + f_2)},$$

$$N_2 = \frac{F_{\text{зат}}(\cos \gamma - f \sin \gamma)}{\sin \gamma(1 - ff_2) + \cos \gamma(f + f_2)}.$$

Из уравнения (3) находим h :

$$h = \frac{N_2 \left(\frac{H}{2} + f_2 \Delta_2 \right) - F_{\text{зат}}(\Delta_2 - l_3)}{N_2(1 - f_2 \operatorname{tg} \gamma) + F_{\text{зат}} \operatorname{tg} \gamma}.$$

Далее составим аналогичную систему уравнений равновесия для игольной вставки (см. рис. 3б), решая которую получим выражения для R, N_1, Δ .

$$R = -f_1 N_1 + N(\sin \gamma + f \cos \gamma),$$

тогда

$$N_1 = \frac{F_{\text{техн}} + N[\cos \gamma(1 - ff_1) - \sin \gamma(f + f_1)]}{1 - f_1^2},$$

$$\Delta = \frac{-F_{\text{техн}}l + N_1 \frac{H}{2} + fN\Delta_1 \cos \gamma - \left(\frac{H}{\cos \gamma} - \Delta_1 \sin \gamma \right)}{R}.$$

Поскольку на переднюю полку, наряду с усилием от затяжки, действует и технологическая нагрузка, то априори можно утверждать, что реакция N_1 будет несколько больше N_2 . Тогда наибольшие напряжения в окрестности угловой точки основания O можно определить, рассмотрев часть его поперечного сечения как балку, защемленную одним концом (см. рис. 3в) в месте приложения усилия затяжки.

Для этого согласно известным выводам [2, с. 406] найдем в основании планки положение нейтрального слоя Z_0 . $Z_0 = R_0 - r$ или при радиусе кривизны нейтрального слоя $r = \frac{\delta}{\ln R_1 / R_2}$

получим

$$Z_0 = R_0 - \frac{\delta}{\ln R_1 / R_2},$$

где R_0 – средний радиус закругления;

δ – толщина стенки;

R_1 – радиус кривизны наружных волокон;

R_2 – радиус кривизны внутренних волокон.

Тогда для стержня большой кривизны при $R_0 \leq 5\delta$ в соответствии с литературой [2, с. 401–406] напряжения в окрестности точки O определим из выражения

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{S} \frac{Z_{1,2}}{R_{1,2}},$$

где N – наибольшая из сил нормального давления (N_1);

F – площадь поперечного сечения участка полки шириной b , $F = \delta b$;

M – наибольший изгибающий момент;

S – статический момент сечения участка полки выделенной ширины, $S = \delta b z_0$;

$Z_{1,2}$ – расстояние от нейтрального слоя соответственно до внешних и внутренних волокон, $Z_{1,2} = 0,5\delta \pm Z_0$.

Используя программное обеспечение MathCad, вычислим напряжения применительно к финишному переходу с плотностью посадки игл во вставке 80 на 10 см. Выделим участок основания, насчитывающий 8 игл ($b = 9,16$ мм),

и примем $F_{\text{техн}}$ на иглу равной 1 Н. Усилие затяжки, приходящееся на участок шириной b , будет равно 30,34 Н. Тогда при $\delta = 1,2$ мм, $R_0 = \delta + 0,5\delta = 1,8$ мм, $r = 1,731$ мм с использованием исходных данных $l = 21,8$ мм, $\Delta_1 = 11$ мм, $\Delta_2 = 12$ мм, $H = 8,8$ мм, $l_3 = 7,3$ мм, $\gamma = 12,8^\circ$, $f = f_1 = f_2 = 0,2$ получим напряжение в окрестности угловой точки O снаружи $\sigma_1 = -82,7$, а внутри $\sigma_2 = 143,9$ МПа. При увеличении усилия затяжки в два раза (с учетом коэффициента запаса) до 60,7 Н напряжения будут $\sigma_1 = -152,4$ и $\sigma_2 = 265,0$ МПа.

Выполненные расчеты показывают, что их результаты хорошо согласуются с результатами, полученными на основе компьютерного моделирования, что свидетельствует о целесообразности применения вышеизложенной методики для инженерных расчетов.

Согласно теории максимальной энергии формоизменения [2, с. 142], пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение становится равным текучести σ_m . Поскольку для стали 20, из которой изготавливается основание гарнитуры для чесания трепаного льна, предел текучести составляет 250 МПа, то при $\sigma_2 = 265,0$ МПа возможна потеря местной устойчивости полок основания. В этой связи рассмотрим характер изменения напряжений от увеличения толщины стенки основания, что отражено на рис. 4.

Как видим, даже при увеличении толщины стенки основания всего на 0,1 мм (с 1,2 до 1,3 мм) наибольшие растягивающие напряжения с его внутренней стороны становятся меньше предела текучести, а при $\delta = 1,5$ мм они по отношению к пределу текучести уменьшаются почти в 1,5 раза. При $\delta = 2$ мм напряжения σ_2 становятся примерно в 2,5 раза меньше σ_m .

ВЫВОДЫ

1. С помощью компьютерного моделирования с использованием пакета ANSYS доказано, что главной причиной отклонения полки является прогиб горизонтальной части основания, что обуславливает разрушение соединения иглы с полимерной вставкой.

2. Разработана методика оценки прочности в самых нагруженных зонах основания: в его горизонтальной части в окрестностях крайних точек, где основание испытывает напряжения изгиба как балка, защемленная одним концом, под действием усилия зажима.

3. Подтверждена возможность и целесообразность использования предложенной методики для инженерных расчетов, поскольку они хорошо согласуются с результатами, полученными на основе компьютерного моделирования.

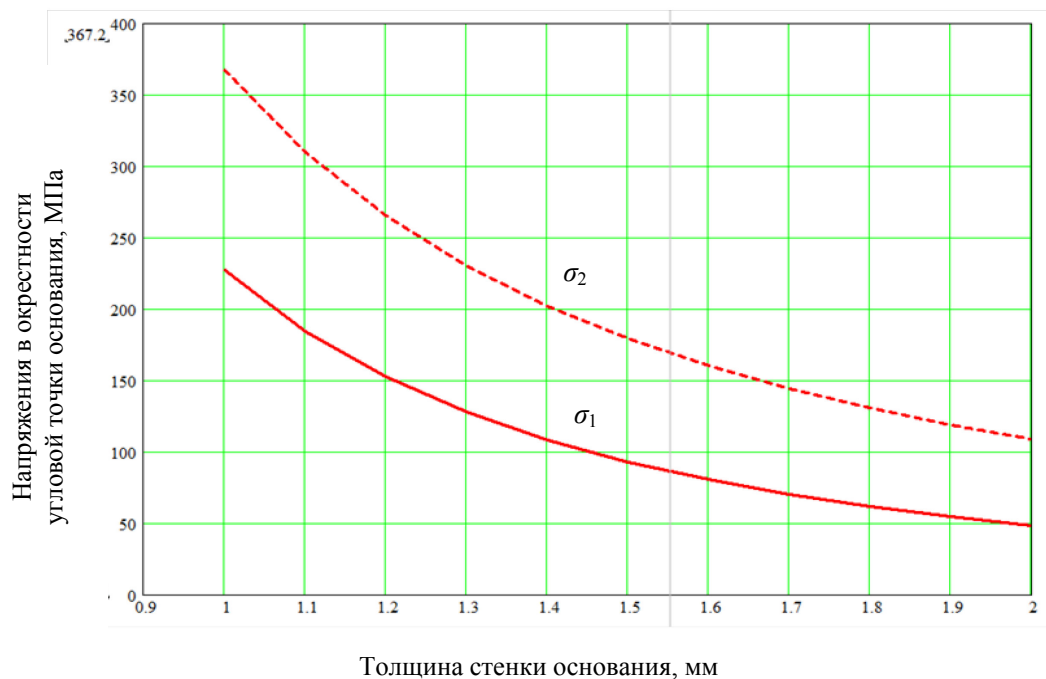


Рис. 4. Изменение напряжений от толщины стенки основания

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка конструкции и технологии изготовления сборно-разборных гребенных планок с повышенной плотностью игл для льночесальных машин : отчет о НИР ЦНИИМашдеталь: рег. № 01870011487, науч. рук. Н. И. Потапенков. – М., 1988. – 198 с.
2. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. – М. : Наука, 1976. – 608 с.

REFERENCES

1. Razrabotka konstrukcii i tekhnologii izgotovleniya sborno-razbornyh grebennyh planok s povyshennoj plotnost'yu igl dlya l'nochesal'nyh mashin : otchet o NIR CNIIIMashdetal', reg. № 01870011487, nauch. ruk. N. I. Potapenkov. – M., 1988. – 198 s.
2. Belyaev N. M. Soprotivlenie materialov. – M. : Nauka, 1976. – 608 s.

05.02.02 Машиноведение, системы приводов и детали машин

УДК 621.855.034

Палочкин Сергей Владимирович

доктор технических наук, профессор

Алексеев Вячеслав Игоревич

магистрант

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия

palnigs@mail.ru, slavapostbox@gmail.com

РАССЕЯНИЕ ЭНЕРГИИ

МАЛЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЕТВИ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ

ВСЛЕДСТВИЕ КОНТАКТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ШАРНИРАХ ЦЕПИ

Работа посвящена аналитическому исследованию демпфирования малых поперечных колебаний ветвей приводных цепных передач. Рассмотрены характерные для цепных передач с малыми массами звездочек и присоединенных к ним деталей колебания ведущей ветви, связанные с изменением ее провисания при медленных угло-

вых гармонических колебаниях звездочек передачи, вызванных закручиванием ее валов. Показано, что часть энергии таких колебаний рассеивается на упругие касательные контактные деформации в шарнирах цепи. Получены расчетные формулы для определения диссипативных характеристик цепей в виде абсолютного рассеяния энергии за цикл рассматриваемых колебаний и коэффициента поглощения, позволяющие оценить влияние параметров цепи и амплитуды колебаний на ее демпфирующие свойства. Результаты работы могут быть использованы при исследованиях динамики приводов с цепными передачами для машин различного отраслевого назначения.

Ключевые слова: цепная передача, демпфирование колебания, шарнир цепи, контактные деформации, коэффициент поглощения.

Цепные передачи в силу целого ряда их достоинств [1] имеют широкое распространение в приводах транспортных и сельскохозяйственных машин, а также в приводах целого ряда технологических машин, включая машины текстильной и легкой промышленности. Однако следует отметить, что характерные для цепных передач, особенно при работе с большими скоростями и нагрузками, повышенные шум и виброактивность негативно влияют на плавность хода и виброустойчивость исполнительного звена привода.

В связи с этим изучение демпфирующих свойств цепных передач является важным и актуальным вопросом исследования их динамики с целью оценки виброустойчивости привода машины и разработки конструктивных мероприятий по ее повышению.

Рассеяние энергии колебаний в цепных передачах в основном имеет характер конструкционного демпфирования и связано с ее потерями: на контактные деформации в неподвижных шпоночных или шлицевых соединениях звездочек с валами, на ударное взаимодействие при входе в зацепление шарниров цепей с зубьями звездочек и на внешнее трение и упругие контактные деформации в цилиндрических шарнирах цепей.

При этом вопрос определения рассеяния энергии колебаний в шарнирах цепей является главным и до сих пор недостаточно исследованным.

Продольные колебания ветвей цепной передачи имеют место только при ее вертикальном положении или наличии направляющих шин, которые сохраняют прямолинейную форму ветвей. Демпфирование энергии колебаний в этом случае, когда проскальзывания в шарнирах цепи отсутствуют, происходит только на нормальных упругих контактных деформациях в шарнирах, величина которых существенно превышает деформации ее соединительных звеньев. Результаты исследования рассеяния энергии таких колебаний представлены в научной литературе [2].

В большинстве случаев в цепных передачах возникают поперечные колебания ветвей цепи, при которых рассеяние энергии колебаний

происходит вследствие ее потерь на трение при местных проскальзываниях и на упругие контактные деформации в основном в шарнирах ведущей ветви, сила натяжения которой существенно выше силы натяжения ведомой ветви. Полное рассеяние энергии колебаний в ветви за цикл равно сумме указанных потерь, каждая из которых определяется на своей доле амплитуды.

Результаты исследования демпфирования поперечных колебаний цепи, связанных с малыми крутильными колебаниями ведомой звездочки приводной цепной передачи, за счет потерь энергии на трение при местных проскальзываниях в шарнирах приведены в нашей публикации [3]. Однако при уточненных расчетах динамики привода, например технологической машины, необходимо учитывать и дополнительное рассеяние энергии на упругих касательных контактных деформациях в тех же шарнирах. Этому вопросу и посвящено аналитическое исследование, представленное в настоящей работе.

В рассматриваемом случае, характерном для передач с малыми массами звездочек и присоединенных к ним деталей, колебания ведущей ветви цепи связаны с изменением ее провисания при медленных гармонических угловых колебаниях звездочек, вызванных закручиванием их валов.

В процессе таких колебаний провисающая ветвь цепи (рис. 1) сохраняет форму квадратичной параболы [4]:

$$y(x) = 4f \left(\frac{x}{a} - \frac{x^2}{a^2} \right), \quad (1)$$

а ее длина определяется выражением

$$L = a + \frac{8f^2}{3a}, \quad (2)$$

где x и y – координаты шарниров цепи;

a – длина пролета ветви передачи, равная ее межосевому расстоянию;

f – стрела провисания ветви в центре пролета, равная постоянной величине f_0 при работе без колебаний и достигающая при колебаниях максимальной величины f_k , соответст-

вующей амплитудному углу поворота γ колеблющейся звездочки.

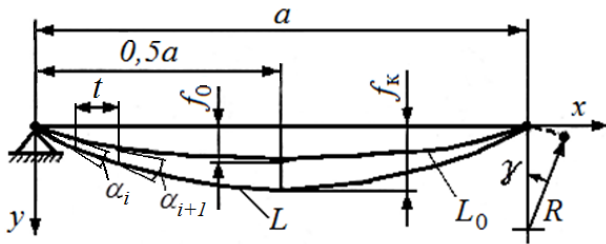


Рис. 1

Очевидно, что длину ветви при колебаниях можно вычислить, как

$$L(\tau) = L_0 + R\gamma(\tau), \tag{3}$$

где L_0 – длина ветви в момент времени $\tau = 0$;

R – радиус делительной окружности ведомой звездочки;

$\gamma(\tau) = \gamma \sin(\omega\tau)$ – угловое перемещение звездочки при ее колебаниях;

ω – частота ее колебаний;

τ – время.

Совместное решение уравнений (1)–(3), выполненное с учетом принятых допущений о том, что начальные провисания ветвей передачи и амплитуда колебаний малы, изменение длины ветви цепи при колебаниях происходит лишь вследствие изменения ее провисания без учета влияния нормальных контактных смещений в шарнирах как малых, силы натяжения ее ветвей при колебаниях остаются постоянными, позволило получить зависимость [3] для расчета максимальной величины стрелы провисания ветви при колебаниях от параметров передачи

$$f_k = \sqrt{f_0^2 + 0,375 aR\gamma}. \tag{4}$$

Подставив в (4) безразмерные параметры:

$$\bar{f}_k = \frac{f_k}{a}, \quad \bar{f}_0 = \frac{f_0}{a} \quad \text{и} \quad \frac{\bar{R}}{a}, \quad \text{с учетом } \bar{f}_0 = 0,025$$

для ведущей ветви цепной передачи [2], после необходимых преобразований получаем

$$\bar{f}_k = 0,025\sqrt{1 + 600\bar{R}\gamma}. \tag{5}$$

Угол α_i поворота валика относительно втулки в i -м шарнире за четверть периода колебаний, когда ветвь переместится в положение, описываемое уравнением (1) при $f = f_k$, можно определить, как разность углов наклона касательных линий к кривым прогибов ветви в точке нахождения этого шарнира в данный момент времени и его положения при $f = f_0$ в момент времени $\tau = 0$ (см. рис. 1), то есть

$$\alpha_i = \left(\frac{d^2 y_k(x)}{dx^2} - \frac{d^2 y_0(x)}{dx^2} \right)_{x=x_i} \Delta x, \tag{6}$$

где $y_k(x) = 4f_k \left(\frac{x}{a} - \frac{x^2}{a^2} \right); \tag{7}$

$$y_0(x) = 4f_0 \left(\frac{x}{a} - \frac{x^2}{a^2} \right). \tag{8}$$

Рассеяние энергии W_{ki} колебаний за цикл в одном цилиндрическом шарнире, связанное с ее потерями на упругие касательные контактные деформации сопряженных поверхностей его валика и втулки, согласно научной литературе [5] определяется выражением

$$W_{ki} = c_\tau A \delta_{\tau i}^2 = 0,25c_\tau A d_2^2 \alpha_i^2, \tag{9}$$

где $c_\tau = 80...120$ Н/мм³ – коэффициент пропорциональности при упругих касательных контактных деформациях в цилиндрическом шарнире со смазкой;

A – расчетная площадь опорной поверхности шарнира;

$\delta_{\tau i} = 0,5d_2\alpha_i$ – максимальное упругое касательное контактное смещение в i -м шарнире за цикл колебаний;

d_2 – диаметр валика в шарнире.

Тогда полное рассеяние энергии W_k колебаний во всех шарнирах ветви цепи при их общем количестве z с учетом (6) и (9) можно рассчитать по формуле

$$W_k = \sum_{i=1}^z W_{ki} = 0,25c_\tau A d_2^2 \times \sum_{i=1}^z \left[\left(\frac{d^2 y_k(x)}{dx^2} - \frac{d^2 y_0(x)}{dx^2} \right)_{x=x_i} \Delta x \right]^2. \tag{10}$$

Подставив в (10) вторые производные из уравнений (7) и (8), после выполнения необходимых преобразований при $a = zt$ и $\Delta x = t$ получаем

$$W_k = 0,25c_\tau A d_2^2 \left[\frac{8}{a^2} (f_k - f_0)t \right]^2 z = c_\tau A d_2^2 \frac{16}{z} (\bar{f} - \bar{f}_0)^2. \tag{11}$$

После подстановки (5) в (11) и выполнения необходимых вычислений получаем окончательную расчетную формулу:

$$W_k = \frac{c_\tau A d_2^2 K_W}{z}, \tag{12}$$

где $K_W = 0,01(\sqrt{1 + 600\bar{R}\gamma} - 1)^2. \tag{13}$

Жесткость c провисающей ветви цепи можно определить, используя известную зависимость [6]:

$$c = \frac{m_1 g R^2}{16 \bar{f}_0} \left(1 + \frac{0,375}{\bar{f}_0^2} \right) = 1500 m_1 g R^2, \quad (14)$$

где $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

m_1 – масса одного метра цепи, кг/м.

Тогда максимальную потенциальную энергию E за цикл поперечных колебаний ведущей ветви можно рассчитать с учетом (14) по формуле

$$E = 0,5 c \gamma^2 = 750 m_1 g R^2 \gamma^2. \quad (15)$$

Для количественной характеристики диссипативных свойств конструкции, как правило, принято использовать коэффициент поглощения

$$\psi = \frac{W_\kappa}{E} \quad [7]. \quad (16)$$

Подставив (12) и (15) с учетом (13) в (16), после выполнения необходимых преобразований и вычислений получаем для ведущей ветви цепной передачи окончательную инженерную формулу для определения коэффициента поглощения при рассматриваемых колебаниях цепи:

$$\psi = \frac{c_\tau A d_2^2}{z m_1 g R^2} K_\psi, \quad (17)$$

$$\text{где } K_\psi = \frac{(\sqrt{1 + 600 R \gamma} - 1)^2}{75000 \gamma^2}. \quad (18)$$

Значения коэффициентов K_W и K_ψ , вычисленные для диапазонов параметров $0,1 \leq \bar{R} \leq 0,5$ и $0,01^\circ \leq \gamma \leq 2^\circ$, представлены в виде графических зависимостей соответственно на рис. 2 и 3.

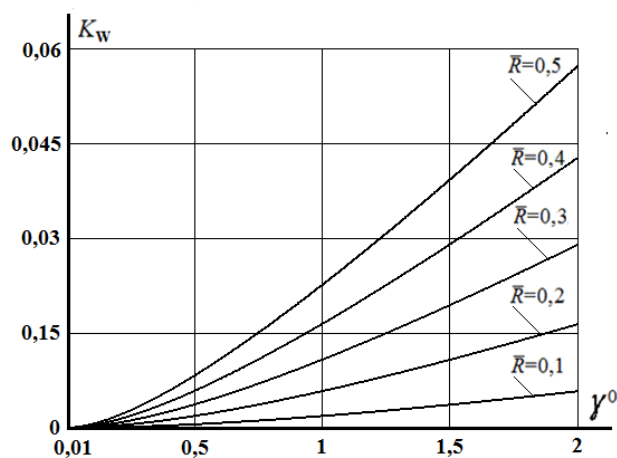


Рис. 2

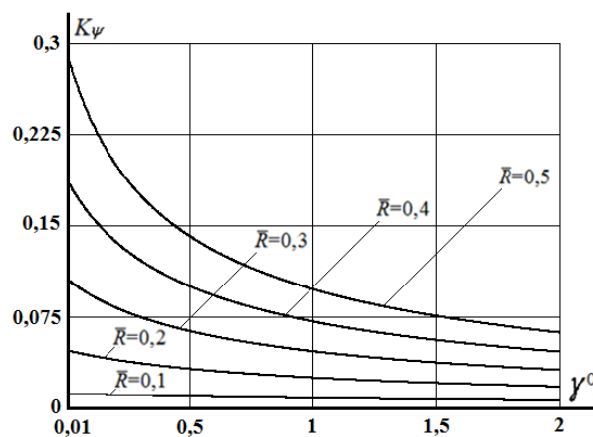


Рис. 3

Пример расчета:

Определить характеристики W_κ и ψ демпфирования рассматриваемых колебаний для стандартной цепи ПР-12,7-9 ГОСТ 13568–97, если известно, что: $t = 12,7 \text{ мм}$; $d_2 = 3,66 \text{ мм}$; $A = 17,9 \text{ мм}^2$; $m_1 = 0,3 \text{ кг/м}$; $R = 140 \text{ мм}$; $\gamma = 2^\circ$.

Решение:

1. Согласно рекомендациям [1] принимаем $z = 40$ и определяем длину пролета ветви, равного межосевому расстоянию цепной передачи, как

$$a = z t = 40 t = 40 \cdot 12,7 = 508 \text{ мм.}$$

2. Тогда $\bar{R} = \frac{R}{a} = \frac{140}{508} = 0,28$.

3. По графическим зависимостям на рис. 2 и 3 при $\bar{R} = 0,28$ и γ° определяем соответственно $K_W = 0,026$ и $K_\psi = 0,029$.

4. Принимаем среднее значение $c_\tau = 100 \text{ Н/мм}^3$ из приведенного выше диапазона и, используя формулу (12), определяем

$$\begin{aligned} W_\kappa &= \frac{c_\tau A d_2^2 K_W}{z} = \\ &= \frac{100 \cdot 17,9 \cdot 3,66^2 \cdot 0,026}{40} = 15,6 \text{ Н} \cdot \text{мм.} \end{aligned}$$

5. Используя формулу (17), рассчитываем

$$\begin{aligned} \psi &= \frac{c_\tau A d_2^2}{z m_1 g R^2} K_\psi = \\ &= \frac{100 \cdot 17,9 \cdot 3,66^2}{40 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 140^2} \cdot 0,029 = 0,3. \end{aligned}$$

Анализ полученных в ходе выполненного исследования формул (12) и (17), графических зависимостей, представленных на рис. 2 и 3, а также результатов численного определения

характеристик демпфирования W_k и ψ в приведенном примере их расчета позволяет сделать следующие ВЫВОДЫ:

1. Приводные роликовые и втулочные цепи активно рассеивают энергию малых поперечных колебаний своих ветвей вследствие ее потерь, связанных с упругими касательными контактными деформациями в шарнирах.
2. При рассмотренных поперечных колебаниях ветвей этих цепей абсолютное рассеяние энергии W_k колебаний за цикл возрастает с увеличением шага цепи, размеров звездочек и амплитуды их угловых колебаний и уменьшается с ростом числа шарниров в пролете ветви.
3. Коэффициент поглощения ψ (относительное рассеяние) также возрастает с увеличением шага цепи, размеров звездочек и уменьшением числа шарниров в пролете ветви, но при этом его величина падает с ростом массы одного метра цепи и амплитуды угловых колебаний звездочек.
4. Полученные в работе результаты могут быть использованы при исследованиях динамики приводов с цепными передачами машин различного отраслевого назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детали машин / Л. А. Андриенко, Б. А. Байков, М. Н. Захаров [и др.] ; под ред. О. А. Ряховского. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 465 с.
2. Алексеев В. И., Палочкин С. В. Демпфирование продольных колебаний приводных цепных передач вследствие контактных деформаций в шарнирах их цепей // Машиностроение: инновационные аспекты развития : сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. – СПб. : СПбФ НИЦ МС, 2018. – С. 8–11.
3. Алексеев В. И., Палочкин С. В. Рассеяние энергии крутильных колебаний в цепных передачах приводов машин // Современные проблемы теории машин. – 2017. – № 5. – С. 49–53.
4. Глущенко И. П. Основы проектирования цепных передач с втулочно-роликовыми цепями. – Львов : Изд-во Львовского ун-та, 1964. – 226 с.
5. Решетов Д. Н., Левина З. М. Демпфирование колебаний в деталях станков // Исследование колебаний металлорежущих станков при резании металлов / под ред. В. И. Дикущина и Д. Н. Решетова. – М. : Mashgiz, 1958. – С. 45–86.
6. Головнин Г. Я. Динамика канатов и цепей. – Харьков : Metallurgizdat, 1962. – 124 с.
7. Вибрации в технике : справочник. В 6 т. – М. : Машиностроение, 1981. – Т. 6. Защита от вибраций и ударов / под ред. К. В. Фролова. – М., 1981. – 456 с.

REFERENCES

1. Detali mashin / L. A. Andrienko, B. A. Bajkov, M. N. Zaharov [i dr.] ; pod red. O. A. Ryahovskogo. – M. : Izd-vo MGTU im. N. E.H. Baumana, 2014. – 465 s.
2. Alekseev V. I., Palochkin S. V. Dempfirovanie prodol'nyh kolebanij privodnyh cepnyh peredach vsledstvie kontaktnykh deformacij v sharnirah ih cepej // Mashinostroenie: innovacionnye aspekty razvitiya : sb. materialov I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – SPb. : SPbF NIC MS, 2018. – S. 8–11.
3. Alekseev V. I., Palochkin S. V. Rasseyanie ehnergii krutil'nyh kolebanij v cepnyh peredachah privodov mashin // Sovremennye problemy teorii mashin. – 2017. – № 5. – S. 49–53.
4. Glushchenko I. P. Osnovy proektirovaniya cepnyh peredach s vtulochno-rolikovymi cepyami. – L'vov : Izd-vo L'vovskogo un-ta, 1964. – 226 s.
5. Reshetov D. N., Levina Z. M. Dempfirovanie kolebanij v detalyah stankov // Issledovanie kolebanij metallorazhushchih stankov pri rezanii metallov / pod red. V. I. Dikushina i D. N. Reshetova. – M. : Mashgiz, 1958. – S. 45–86.
6. Golovnin G. YA. Dinamika kanatov i cepej. – Har'kov : Metallurgizdat, 1962. – 124 s.
7. Vibracii v tekhnike : spravochnik. V 6 t. – M. : Mashinostroenie, 1981. – T. 6. Zashchita ot vibracij i udarov / pod red. K. V. Frolova. – M., 1981. – 456 s.

05.02.13 Машины, агрегаты и процессы (по отраслям)

УДК 531.1; 531.8

Манжосов Владимир Кузьмич

доктор технических наук, профессор

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия

v.manjosov@ulstu.ru

СИНТЕЗ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТЕРЖЕНЬ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЙ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДОЙ

Статья посвящена вопросам формирования рационального закона изменения силы, обеспечивающей эффективное воздействие на упругий стержень при его внедрении в технологическую среду. Предполагается, что сопротивление технологической среды линейно возрастает при внедрении и исчезает при обратном движении стержня. Стержень рассматривается как упругое тело с распределенной массой. Для описания движения стержня используется волновое уравнение. Для решения волнового уравнения применен метод бегущих волн. Прямая волна формируется на противоположном торце стержня и определяет закон изменения силы. Изменение силы должно быть таким, чтобы воздействие формируемой волны на технологическую среду не приводило к отраженным волнам. В этом случае энергия прямой волны будет затрачена на работу сил сопротивления технологической среды.

Ключевые слова: стержень, силовая система, волновая модель движения, метод бегущих волн.

Вопрос формирования рационального закона изменения силы, обеспечивающей эффективное воздействие на стержень при его контакте с технологической средой, является важным при построении систем с применением удара. Эта задача рассматривается исследователями как с позиций прямого решения [1, с. 265–270], так и с позиций поиска форм ударяющего по стержню тела, обеспечивающего приближение к рациональной форме ударной силы [2; 3; 4, с. 284–295].

При решении таких задач предполагается, как правило, что сопротивление технологической среды линейно возрастает при перемещении контактного сечения в направлении технологической среды и исчезает в случае обратного движения.

Под рациональным законом изменения силы будем понимать такое силовое воздействие на стержень, при котором энергия возбуждаемой волны деформации в стержне практически полностью затрачивается на работу сил сопротивления технологической среды.

Рассмотрим стержень длиной l (рис. 1), в торцевом сечении $x = 0$ которого действует переменная во времени сила $P(t)$.

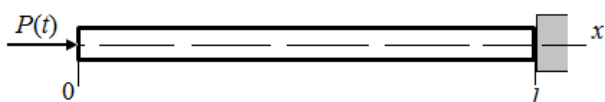


Рис. 1. Схема стержня при контакте с технологической средой

Движение поперечных сечений стержня описывается волновым уравнением

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = 0, \quad 0 \leq x \leq l \quad (1)$$

при начальных и граничных условиях вида:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(x,0)}{\partial x} &= 0, \\ u(x,0) &= 0, \\ EA \frac{\partial u(0,t)}{\partial x} + P(t) &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{если } \frac{\partial u(l,t)}{\partial t} > 0 \\ EA \frac{\partial u(l,t)}{\partial x} + R_0 + ku(l,t) &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{если } \frac{\partial u(l,t)}{\partial t} \leq 0 \\ EA \frac{\partial u(l,t)}{\partial x} &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где $u(x,t)$ – перемещение поперечного сечения стержня, положение которого определяется координатой x ;

a – скорость распространения звука в материале стержня;

t – время;
 E – модуль упругости 1-го рода материала стержня;
 A – площадь поперечного сечения стержня;
 $P(t)$ – сила;
 R_0 – начальное значение силы сопротивления технологической среды при внедрении контактного сечения стержня;
 k – жесткость технологической среды;
 $\frac{\partial u(x,0)}{\partial x}$ – продольная деформация в поперечных сечениях при $t = 0$;
 $\frac{\partial u(0,t)}{\partial x}$ и $\frac{\partial u(l,t)}{\partial x}$ – продольная деформация в поперечных сечениях $x = 0$ и $x = l$;
 $\frac{\partial u(l,t)}{\partial t}$ – скорость перемещения контактного сечения.

Решение волнового уравнения по методу бегущих волн предполагает, что скорость и ускорение поперечных сечений стержня определяются как

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = af'(at-x) + a\varphi'(at+x), \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = a^2 f''(at-x) + a^2 \varphi''(at+x),$$

а продольная деформация в поперечных сечениях

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial x} = -f'(at-x) + \varphi'(at+x), \quad (6)$$

где штрихи означают дифференцирование функций $f(at-x)$ и $\varphi(at+x)$ по аргументам $(at-x)$ и $(at+x)$.

Функция $f(at-x)$ описывает перемещения сечений, обусловленные волной (прямой волной), движущейся по стержню в положительном направлении оси x , а функция $\varphi(at+x)$ – перемещения сечений, вызванные волной (обратной волной), движущейся в отрицательном направлении оси x .

Функции $f(at-x)$ и $\varphi(at+x)$ являются неизвестными и требуют определения в каждом конкретном случае, в зависимости от заданных начальных и граничных условий рассматриваемой задачи.

С учетом (5) и (6) граничное условие (3) примет вид:

$$\text{если } \frac{\partial u(l,t)}{\partial t} > 0,$$

$$EA[-f'(at-l) + \varphi'(at+l)] + k[-f(at-l) + \varphi(at+l)] = -R_0,$$

откуда отраженная от технологической среды обратная волна

$$\begin{aligned} \varphi'(at+l) + \frac{k}{EA}\varphi(at+l) &= \\ = f'(at-l) - \frac{k}{EA}f(at-l) - R_0. \end{aligned} \quad (7)$$

При начальных условиях $\frac{\partial u(x,0)}{\partial x} = 0$,

$u(x,0) = 0$ начальные функции $f(at-x)$ и $\varphi(at+x)$, а также их производные равны нулю. Тогда из граничного условия (2) с учетом, что $\varphi'(at+0) = 0$, определим формируемую в сечении $x = 0$ прямую волну:

$$f'(at-0) = \frac{1}{EA}P(t), \quad t \geq 0. \quad (8)$$

Если стержень однороден, то функция $f'(at-l) = f'[a(t-l/a)-0]$ соответствует функции $f'(at-0)$ с запаздыванием по времени на величину $\Delta t = l/a$. Тогда

$$f'(at-l) = \frac{1}{EA}P(t-\Delta t), \quad t \geq l/a.$$

Полагаем, что при эффективном воздействии на технологическую среду отраженная волна отсутствует, а функции $\varphi'(at+l) = 0$ и $\varphi(at+l) = 0$. Тогда из (7) падающая на технологическую среду прямая волна, если $\frac{\partial u(l,t)}{\partial t} \geq 0$, $t \geq l/a$, должна соответствовать решению дифференциального уравнения:

$$f'(at-l) - \frac{k}{EA}f(at-l) = \frac{R_0}{EA}. \quad (9)$$

Обозначив отношение $\frac{k}{EA} = \beta$, запишем решение (9) в виде

$$f'(at-l) = \frac{1}{k}R_0[e^{\beta a(t-\Delta t)} - 1], \quad t \geq l/a. \quad (10)$$

Дифференцируя по t , находим, что

$$f'(at-l) = \frac{1}{EA}R_0e^{\beta a(t-\Delta t)}, \quad t \geq l/a. \quad (11)$$

Сопоставляя (8) и (11) и учитывая, что функция $f'(at-l)$ соответствует функции $f'(at-0)$ с запаздыванием по времени на величину Δt , запишем:

$$f'(at-0) = \frac{1}{EA} R_0 e^{\beta at},$$

$$P(t) = R_0 e^{\beta at}, \quad t \geq 0. \quad (12)$$

Учитываем, что

$$\beta at = \frac{k}{EA} at = \frac{k}{EA} at \cdot \frac{l}{l} = \frac{k}{EA/l} \cdot \frac{t}{l/a}.$$

Но $\frac{k}{EA/l} = \tilde{k}$ – отношение жесткости технологической среды к продольной жесткости стержня; $\frac{t}{l/a} = \frac{t}{T} = \tilde{t}$ – отношение времени t к T – времени распространения волны деформации от сечения $x=0$ до сечения $x=l$, где $T=l/a$.

Тогда из (12) приходим к безразмерному выражению закона изменения силы

$$\tilde{P}(\tilde{t}) = \frac{P(t)}{R_0} = e^{\tilde{k}\tilde{t}}, \quad \tilde{t} \geq 0. \quad (13)$$

На рис. 2 представлены диаграммы сил при различных значениях \tilde{k} .

Диаграммы сил представляют собой экспоненты. Начальное значение силы равно начальному значению силы сопротивления среды:

$$P(t)|_{t=0} = R_0; \quad \tilde{P}(\tilde{t})|_{\tilde{t}=0} = 1.$$

С увеличением жесткости технологической среды по отношению к продольной жесткости стержня изменение силы должно происходить более интенсивно за один и тот же промежуток времени. Так, при $\tilde{t} = 2$ и $\tilde{k} = 0,4$ значение силы $\tilde{P}(\tilde{t})|_{\tilde{t}=2} = 2,2$, а при $\tilde{k} = 0,8$ значение силы $\tilde{P}(\tilde{t})|_{\tilde{t}=2} = 4,95$.

Относительное время $\tilde{t} = 2$ соответствует времени $t = 2l/a$. Для стального стержня длиной $l = 1$ м (с учетом, что для стали $a \approx 5 \cdot 10^3$ м/с) значение $t \approx 0,4 \cdot 10^{-3}$ с. Это очень кратковременный процесс, и при сопротивлении технологической среды с жесткостью, соизмеримой продольной жесткости стержня, данный уровень силового воздействия может быть реализован лишь с использованием удара.

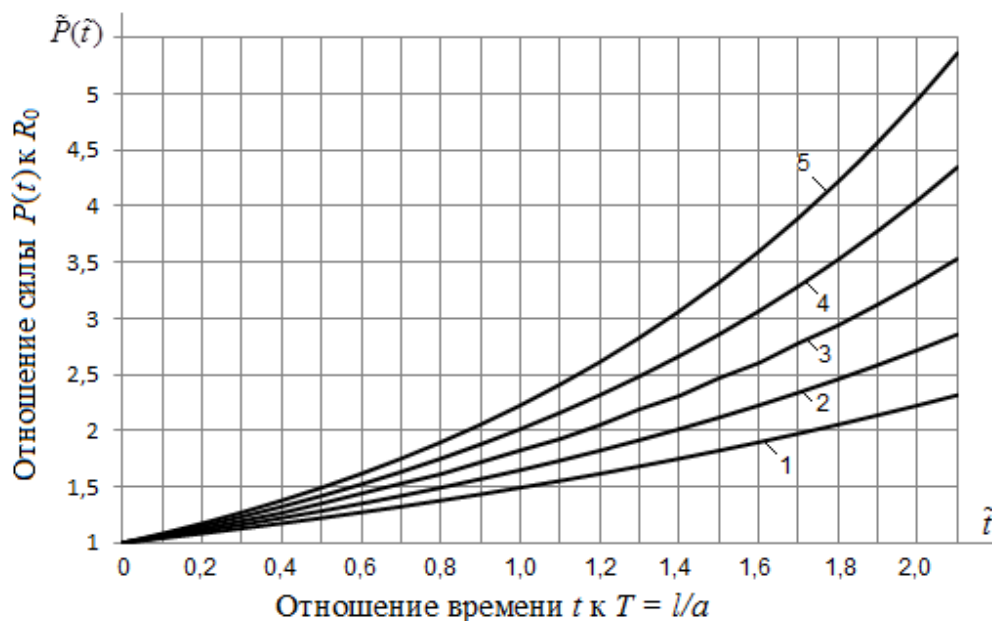


Рис. 2. Диаграммы сил при различных значениях \tilde{k} :

- 1 – $\tilde{k} = 0,4$;
- 2 – $\tilde{k} = 0,5$;
- 3 – $\tilde{k} = 0,6$;
- 4 – $\tilde{k} = 0,7$;
- 5 – $\tilde{k} = 0,8$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алимов О. Д., Манжосов В. К., Еремьянц В. Э. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. – М. : Наука, 1985. – 354 с.
2. Дворников Л. Т., Жуков И. А. Продольный удар полукатеноидальным бойком. – Новокузнецк, 2006. – 80 с.
3. Lundberg B., Gupta R. and Andersson L. E. Optimum transmission of elastic waves through joints // Wave Motion. – 1979. – № 1. – P. 193–200.
4. Манжосов В. К. Продольный удар. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 358 с.

REFERENCES

1. Alimov O. D., Manzhosov V. K., Erem'yanc V. E. Udar. Rasprostranenie voln deformacij v udarnyh sistemah. – M. : Nauka, 1985. 354 s.
2. Dvornikov L. T., Zhukov I. A. Prodol'nyj udar polukatenoidal'nyj bojkom. – Novokuzneck, 2006. – 80 s.
3. Lundberg B., Gupta R. and Andersson L. E. Optimum transmission of elastic waves through joints // Wave Motion. – 1979. – № 1. – P. 193–200.
4. Manzhosov V. K. Prodol'nyj udar. – Ul'yanovsk : UIGTU, 2007. – 358 s.

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

05.02.07 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки
УДК 621.924.93

Дышенко Вячеслав Сергеевич

начальник сектора

Раскутин Александр Евгеньевич

начальник НИО

Донецкий Кирилл Игоревич

начальник сектора

Караваяв Роман Юрьевич

инженер

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации (ФГУП «ВИАМ»), г. Москва, Россия

DyshenkoVS@viam.ru, RaskutinAE@viam.ru, DonetskiiKI@viam.ru, KaravaevRJ@viam.ru

ГИДРОАБРАЗИВНАЯ РЕЗКА УГЛЕПЛАСТИКА НА ОСНОВЕ ПЛЕТЕННЫХ ПРЕФОРМ

В статье представлено обоснование выбора режимов гидроабразивной резки углепластика на основе объемно-армирующей плетеной преформы, выявлена зависимость изменения длин трещин, образовавшихся в углепластике в результате пробоя образцов, от давления и толщины материала, даны рекомендации по выбору расстояния от точки врезания до рабочей зоны образца углепластика, исследование качества поверхности реза образцов углепластика при различных режимах с применением абразива различного номинала с использованием методов микроскопии.

Ключевые слова: гидроабразивная резка, резание композиционных материалов, абразив, расслоение, микроскопия, шероховатость, плетеные преформы.

Производство полимерных композиционных материалов (ПКМ) – является самой быстро развивающейся отраслью промышленности в мире. Самым значимым преимуществом композитов является то, что материал, изделие и технология создаются за один технологический цикл, – этим определяется высокая степень инноваций на всех этапах жизненного цикла материала: от получения исходного сырья и моделирования до создания и эксплуатации изделий. Но даже созданная таким образом деталь нуждается в механической обработке, одним из видов которой является гидроабразивная резка.

Технология гидроабразивной резки основана на принципе механического воздействия твердых частиц и водяной струи. Высокоскоростная водяная струя является переносчиком твердофазных частиц абразива, которые, ударяясь о поверхность материала, вырывают и удаляют частицы основного материала из полости реза. Скорость резания зависит от кинетической энергии частиц абразива, их твердости, формы

и угла воздействия, а также от физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Использование новых армирующих систем в ПКМ – объемных плетеных преформ, которые характеризуются высокой подвижностью нитей и способностью создавать криволинейные поверхности сложной формы, позволяет изготавливать конструкции переменного сечения без ручной выкладки. ПКМ, изготовленные безавтоклавным формованием на основе объемно-армирующих преформ, имеют значительное сопротивление к расслаиванию, повреждениям, обладают высокими усталостными показателями, высокой прочностью в области отверстий и крепежных элементов.

Область применения объемно-армирующих плетеных преформ достаточно широка, так, в настоящее время плетеные преформы широко используются в авиационной отрасли многими зарубежными компаниями (General Electric Aircraft Engines, Snecma, Boeing, Airbus) для производства элементов мотогондолы авиадвигателя и его вентиляторных лопаток, лонжеронов, шпангоутов, стрингеров, лопастей, корпусных деталей планера и многого другого.

© Дышенко В. С., Раскутин А. Е., Донецкий К. И., Караваяв Р. Ю., 2018

Изготовление деталей безавтоклавным формованием требует дополнительной механической обработки, поэтому опытно-технологические работы по разработке технологии гидроабразивной резки углепластика на основе объемно-армирующей плетеной преформы являются актуальными. Данная технология позволяет проводить серийную резку ПКМ с высокой точностью и повторяемостью геометрических размеров изделий на автоматизированной установке с минимальным участием оператора, без термического воздействия на обрабатываемый материал и с минимальными отходами, высокой экологичностью процесса ввиду отсутствия вредных испарений и пылевыведения (в отличие от традиционных методов резки).

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 13.2 «Конструкционные ПКМ (полимерные композиционные материалы)» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1, 2].

Материалы и методы

Сам принцип действия заимствован у природы. Естественный аналог – это эрозия горных пород под воздействием воды. Даже струя с ускорением свободного падения, падающая с небольшой высоты, вымывает гранит и базальт. Вопрос только во времени.

При гидроабразивной резке насос высокого давления сжимает воду до 4000 атм, которая затем подается в сопло с профилированным каналом, в котором формируется высокоскоростная водная струя. Водная струя, попадая в смесительную камеру режущей головки, захватывает поступающие туда же из резервуара дозирующего устройства абразивные частицы (кварцевый или гранатовый песок определенной фракции), в результате чего образуется водоабразивная смесь.

Далее полученная смесь разгоняется в смесительной трубке (диаметром около 1 мм) до сверхзвуковой скорости (порядка 900–1200 м/с). Режущая головка оканчивается соплом из сапфира, рубина или алмаза. Чтобы поток воды высокого давления сделать максимально узким и разогнать до сверхзвуковой скорости, используют тончайшее сопло с диаметром не более 0,4 мм (чем больше диаметр, тем больше необходимая мощность насоса для достижения «рабочей» скорости струи). Кромка сопла должна иметь идеальную поверхность с острым краем – любая мельчайшая неровность, дефект или закругленность края создает зону турбулентности, что заканчивается практически мгновенным выходом головки из строя. Вторая причина разрушения – отложение кальция или воздействие твердой частицы, содержащейся в струе воды. Поэтому так важна водоподготовка. При соблюдении всех обязательных условий надежной работы ресурс сопла из сапфира или рубина находится в пределах 50–200 ч, а из алмаза – на порядок больше [3–10].

Эта высокоскоростная водоабразивная струя и используется в качестве универсального режущего инструмента. После резки материала остаточная энергия струи гасится специальной водяной ловушкой. Режущая головка устанавливается на устройстве позиционирования координатного стола и может перемещаться при помощи электроприводов по трем координатам с рабочими ходами, обусловленными габаритами координатного стола.

С использованием плоских панелей из углепластика на основе объемно-армирующей плетеной преформы было проведено *изготовление экспериментальных образцов углепластика гидроабразивной резкой* с использованием станка гидроабразивной резки (рис. 1) [11–13].



Рис. 1. Станок гидроабразивной резки (ГАР)

Процесс обработки начинается с пробоя (прошивки) пластины углепластика. Выбор режимов пробоя очень важен, поскольку от этого зависит образование трещин в толщине материала в этой зоне и соответственно оптимизация этого режима приведет к минимальному трещинообразованию [14, 15]. Обычно при прошивке отверстий первоначальное давление в системе составляет порядка 40–50 % от рабочего. При достижении определенной глубины отверстия давление можно увеличить до 100 %.

Для отработки технологических режимов пробоя изготовлены три типа плоских панелей



Рис. 2. Пример образования трещины после пробоя на станке ГАР в образце углепластика толщиной 8 мм давлением 400 МПа

Съемку изображений вели при помощи цифровой камеры OLYMPUSUC 30. Измерения образовавшихся трещин в углепластике проводились в помещении при $T = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности 50 %. Полученные данные измерения длин трещин, образовавшихся в углепластике в результате пробоя образцов, приведены ниже.

Толщина образца 2 мм

Давление 200 МПа: максимальные длины трещин: слева 3,5 мм; справа 7 мм.

Давление 400 МПа: максимальные длины трещин: слева 4 мм; справа 8 мм.

Толщина образца 4 мм

Давление 200 МПа: максимальные длины трещин: слева 6 мм; справа 11 мм.

Давление 400 МПа: максимальные длины трещин: слева 13 мм; справа 22 мм.

Толщина образца 8 мм

Давление 200 МПа: максимальные длины трещин: слева 24 мм; справа 36 мм.

Давление 400 МПа: максимальные длины трещин: слева 36 мм; справа 35 мм.

Кроме того, при использовании давления 400 МПа наблюдается большее (по сравнению с режимом резки при 200 МПа) проникновение частиц абразива в образующиеся трещины углепластика (рис. 3).

Таким образом, можно сделать вывод о предпочтительности использования давления 200 МПа, которое обеспечивает пробой материала и образование трещин меньшей длины, чем при использовании давления 400 МПа. Кроме того, при планировании режима резки

углепластика разных толщин: 2, 4 и 8 мм. На установке ГАР проведен пробой образцов на двух давлениях, 2 и 4 атм, после чего образовавшиеся в результате трещины исследованы с целью определения их длин.

Подготовка образцов углепластиков для исследования на оптическом микроскопе включала в себя очистку и продувку поверхностей сжатым воздухом. Исследования проводились на оптическом микроскопе Olympus BX 51M, в режиме светлого поля в отраженном свете при увеличении $\times 50$ (рис. 2).

необходимо обеспечить ввод струи абразива в углепластик на таком расстоянии, чтобы трещинообразование не перешло на рабочую зону образца или изделия из углепластика. Рекомендуемый отступ места пробоя от рабочей зоны в углепластике приведен ниже:

Толщина материала, мм	2	4	8
Расстояние от точки врезания до тела детали (не менее), мм	5...7	6...9	10...15

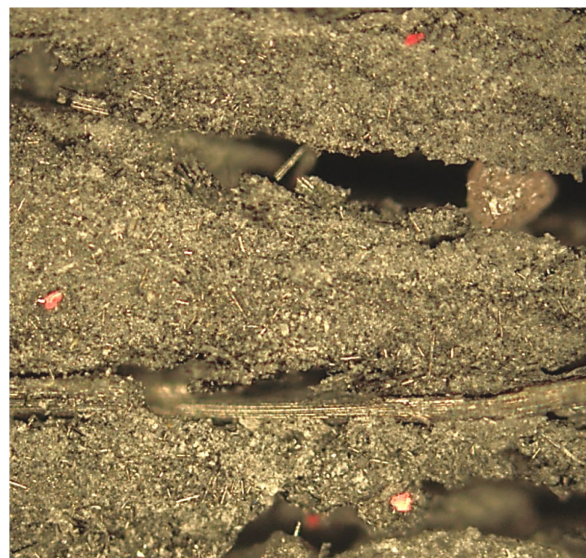


Рис. 3. Пример проникновения частиц абразива в образующиеся трещины углепластика при пробое

Приведенными здесь данными необходимо пользоваться для предотвращения нарушения целостности углепластика при гидроабразивной резке во избежание снижения физико-механических свойств материала.

Резка материала проводилась с применением абразива различного номинала: Mesh 80, Mesh 120. При гидроабразивной резке разрушительная способность струи обусловлена в гораздо большей степени наличием абразива, а вода выполняет транспортную функцию. Было выявлено значительное различие качества реза (шероховатости) от размера частиц абразива и режимов резания.

Для подбора оптимального режима резания углепластика различной толщины были определены исходные режимы резания. Исходные режимы резания подбирались следующим образом: чем выше давление, тем выше скорость и эффективность резки, поэтому для рабочего давления 200 и 400 МПа были подобраны по две скорости резания (режимы P1, P2, P3, P4) с одинаковым расходом абразива, а режимы P5 и P6 характеризует практически нулевой расход абразива (гидрорезка) и минимальная скорость резания.

Увеличение подачи абразива в смесительную камеру позволяет существенно увеличить скорость резания. При прочих фиксированных параметрах оптимальный массовый расход абразива линейно растет с увеличением диаметра фокусирующего сопла и массового расхода воды, но его величина обратно пропорциональна длине фокусирующего сопла [16].

Исходные режимы резания с использованием абразива Mesh 80/120, внутреннего диаметра смесительной трубки 1,27 мм, внутреннего диаметра сопла 0,76 мм даны в таблице.

Таблица

Режим	Давление, МПа	Расход абразива, г/мин	Скорость резания, м/ч
P1	400	$\frac{330}{250...450}$	$\frac{300}{250}$
P2	400	$\frac{330}{250...450}$	$\frac{600}{470}$
P3	200	$\frac{330}{250...450}$	150
P4	200	$\frac{330}{250...450}$	300
P5	200	50	150
P6	400	50	150

Гидроабразивная резка углепластика предоставляет следующие преимущества:

- более высокое качество реза из-за отсутствия термического влияния на заготовку (не про-

исходит деструкции связующего в зоне резания, что актуально при изготовлении образцов или изделий в целом);

- резка термочувствительных материалов;
- экологическая чистота процесса (отсутствие углеродной пыли);
- отсутствие стружки, как при механической обработке.

Для проведения *оценки качества поверхности реза с использованием методов микроскопии* было произведено сравнение качества резов углепластика абразивами марки Mesh 80 (размер частиц 80 мк) и Mesh 120 (размер частиц 120 мк). Исследования шероховатости и профиля поверхности проводились на оптическом профилометре PluNeox. Данный профилометр относится к классу бесконтактных оптических приборов, принцип действия которых основан на регистрации интерференционных картин в белом свете при перемещении объектива по вертикали. Метод позволяет измерять поверхности с неровностями высотой до 400 мкм. Положение реперного зеркала в оптической системе подобрано таким образом, чтобы оптическая разность хода была равна нулю. При этом условии в интерференционной картине возникают максимумы для всех длин волн и наблюдается абсолютный максимум интенсивности, регистрируемый видеокамерой. По последовательности полученных интерференционных картин видеокамера определяет изменения интенсивности света в каждой точке в зависимости от расстояния, и программа вычисляет положение максимума интенсивности для каждой точки матрицы.

Специализированные программы служат для управления механическими частями прибора, непосредственного измерения, обработки полученных результатов, построения трехмерного изображения рельефа поверхности, выделения отдельных профилей поверхности в заданном направлении и гистограммы распределения пиков по высоте, а также позволяют рассчитывать параметры шероховатости.

Измерения качества реза поверхности проводились при 10-кратном увеличении по четырем точкам. Изображения 3D-профиля поверхности реза приводились к общему масштабу по высоте для возможности сравнения образцов между собой. Значение шероховатости вычислялось по четырем замерам для каждого образца. Профилограммы снимались по X- и Y-осям в каждом замере для визуализации профиля поверхности. Изменение геометрических размеров образцов по толщине выполнялось по 4 точкам поверхности [17].

На образцах углепластика толщиной 4 мм было выявлено значительное различие качества реза (шероховатости) от размера частиц абразива, но существенного влияния на процесс резки это не оказало, за исключением снижения скорости процесса (рис. 4).

Видно, что образец, вырезанный с помощью абразива Mesh 120, имеет более развитую поверхность с сильными перепадами по высоте и отдельными углублениями с крутыми склонами, причем отдельные перепады по высоте достигают 80...85 мкм, углубления 55...60 мкм по сравнению с качеством поверхности образцов, вырезанных с использованием абразива Mesh 80. Можно сделать вывод, что в случае необходимости резки образцов с высоким качеством обработки поверхности предпочтительнее использование абразива Mesh 80, во всех остальных случаях предпочтительнее абразив Mesh 120.

Обсуждение результатов и выводы

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили решить поставленную актуальную задачу повышения эффективности и качества процесса гидроабразивной резки плоских панелей из углепластика на основе объемно-армирующей плетеной преформы путем оптимизации режимов резания.

Использование объемно-армирующих плетеных преформ должно сократить производственный цикл и число сборочных единиц, снизить долю ручного труда за счет автоматизации процесса, увеличить технологичность изготовления корпусов техники.

Получены экспериментальные зависимости влияния основных технологических факторов: марки абразива, расстояния от точки врезания до тела детали/образца, давления, расхода абразива на результаты обработки: шероховатость обработанной поверхности, профиль поверхности.

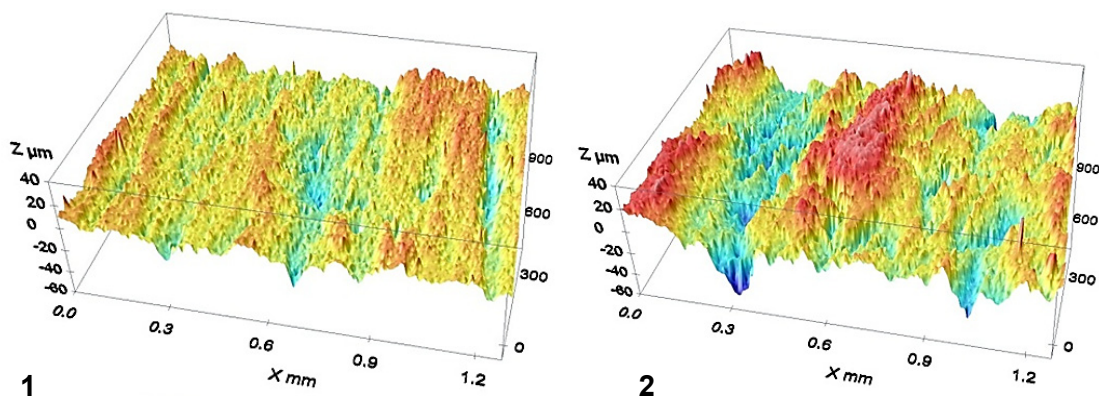


Рис. 4. Различие качества реза (шероховатости) от размера частиц абразива: позиция 1 – абразив Mesh80, позиция 2 – Mesh120

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каблов Е. Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // *Авиационные материалы и технологии*. – 2015. – № 1(34). – С. 3–33.
2. Каблов Е. Н. Контроль качества материалов – гарантия безопасности эксплуатации авиационной техники // *Авиационные материалы и технологии*. – 2001. – № 1. – С. 3–8.
3. Alkire T. D. The Future of Waterjet Cutting // *Manufacturing Technology International Conference*. – Cambridge, 1990. – P. 201–204.
4. Pham T. T. Automatisierte Attribut-Programmierung Fur Die Laser-Blechfertigung // *ZWF Zeitschrift Fur Wirtschaftliche Fertigung Und Automatisierung*. – 1991. – Vol. 86. – N 3. – P. 117–121.
5. Hashish M. A Modeling Study of Metal Cutting with Abrasive-Waterjets // *ASME Transactions: journal of Engineering Materials and Technology*. – 1984. – Vol. 106. – P. 88–100.
6. Chung Y., Geskin E. S., Singht P. Prediction of geometry of the kerf created in the course of abrasive waterjet machining of materials // *Jet Cutting Technology, Mechanical Engineering Magazine*. – Kansas : Publishers Ltd., 1992. – P. 527–541.
7. Hashish M. Critical and Optimum Traverse Rates in Jet Cutting // *Proceedings of the 1st U.S. Waterjet Symposium (Golden, Colorado, January 1981)*. – Golden, 1981. – P. 113.1–113.14.
8. Ohlsson L., Powell J., Magnusson C. Mechanisms of striation formation-in abrasive waterjet cutting // *Jet Cutting Technology, Mechanical Engineering Magazine*. – London : Publishers Ltd., 1994. – P. 151–164.

9. Zeng J., Kim T. J. Development of an abrasive waterjet kerf cutting model for brittle materials *Jet Cutting Technology*. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers Press, 1992. – P. 483–501.
10. Geskin E. S., Chen W. L. Waterjet cutting experiments determine optimal techniques // *Glass Digest*. – 1988. – P. 66–69.
11. Алдошин С. М., Бадамшина Э. Р., Каблов Е. Н. Полимерные нанокомпозиты – новое поколение полимерных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками // *Роснотех-08. I Междунар. форум по нанотехнологиям : сб. тез. докл. науч.-технол. секций*. – М., 2008. – С. 385–387.
12. Объемные текстильные преформы, используемые при изготовлении полимерных композиционных материалов (обзор) [Электронный ресурс] / К. И. Донецкий, А. Е. Раскутин, П. А. Хиров, Ю. В. Лукьяненко, П. Г. Белинис, А. А. Коротыгин // *Труды ВИАМ : электрон. науч.-техн. журнал*. – 2015. – № 9. – Ст. 10. – Режим доступа : <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 19.02.2018).
13. Донецкий К. И., Коган Д. И, Хрульков А. В. Свойства полимерных композиционных материалов, изготовленных на основе плетеных преформ [Электронный ресурс] // *Труды ВИАМ : электрон. науч.-техн. журнал*. – 2014. – № 2. – Ст. 02. – Режим доступа : <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 19.02.2018).
14. Исследование трещиностойкости полимерных композиционных материалов, изготовленных методом инфузии с использованием различных концентратов на основе модифицированных УНТ [Электронный ресурс] / В. А. Большаков, В. И. Солодилов, Р. А. Корохин, С. В. Кондрашов, Ю. И. Меркулова, Т. П. Дьячкова // *Труды ВИАМ : электрон. науч.-техн. журнал*. – 2017. – № 7. – Ст. 7. – Режим доступа : <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 19.02.2018).
15. Раскутин А. Е., Хрульков А. В., Гирш Р. И. Технологические особенности механообработки композиционных материалов при изготовлении деталей конструкций (обзор) [Электронный ресурс] // *Труды ВИАМ : электрон. науч.-техн. журнал*. – 2016. – № 9. – Ст. 12. – Режим доступа : <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 19.02.2018).
16. Тарасов В. А., Галиновский А. Л., Елфимов В. М. Эрозионное изнашивание обрабатываемой поверхности при циклическом нагружении потоком абразивных частиц // *Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана*. – 2008. – Спец. выпуск. – С. 163–174.
17. Гришина О. И., Серпова В. М. Особенности контроля механических свойств волокнистых однонаправленных металлических композиционных материалов (обзор) [Электронный ресурс] // *Труды ВИАМ : электрон. науч.-техн. журнал*. – 2017. – № 1. – Ст. 5. – Режим доступа : <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 19.02.2018).

REFERENCES

1. Kablov E. N. Innovacionnye razrabotki FGUP «VIAM» GNC RF po realizacii «Strategicheskikh napravlenij razvitiya materialov i tekhnologij ih pererabotki na period do 2030 goda» // *Aviacionnye materialy i tekhnologii*. – 2015. – № 1(34). – S. 3–33.
2. Kablov E. N. Kontrol' kachestva materialov – garantiya bezopasnosti ehkspluatacii aviacionnoj tekhniki // *Aviacionnye materialy i tekhnologii*. – 2001. – № 1. – S. 3–8.
3. Alkire T. D. The Future of Waterjet Cutting // *Manufacturing Technology International Conference*. – Cambridge, 1990. – P. 201–204.
4. Pham T. T. AutomatisierteAttribut-Programmierung Fur Die Laser-Blechfertigung // *ZWF Zeitschrift Fur WirtschaftlicheFertigung Und Automatisierung*. – 1991. – Vol. 86. – N 3. – P. 117–121.
5. Hashish M. A Modeling Study of Metal Cutting with Abrasive-Waterjets // *ASME Transactions: journal of Engineering Materials and Technology*. – 1984. – Vol. 106. – P. 88–100.
6. Chung Y., Geskin E. S., Singht P. Prediction of geometry of the kerf created in the course of abrasive waterjet machining of materials // *Jet Cutting Technology, Mechanical Engineering Magazine*. – Kansas : Publishers Ltd., 1992. – P. 527–541.
7. Hashish M. Critical and Optimum Traverse Rates in Jet Cutting // *Proceedings of the 1st U.S. Waterjet Symposium (Golden, Colorado, January 1981)*. – Golden, 1981. – P. 113.1–113.14.
8. Ohlsson L., Powell J., Magnusson C. Mechanisms of striation formation-in abrasive waterjet cutiing // *Jet Cutting Technology, Mechanical Engineering Magazine*. – London : Publishers Ltd., 1994. – P. 151–164.
9. Zeng J., Kim T. J. Development of an abrasive waterjet kerf cutting model for brittle materials *Jet Cutting Technology*. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers Press, 1992. – P. 483–501.

10. Geskin E. S., Chen W. L. Waterjet cutting experiments determine optimal techniques // *Glass Digest*. – 1988. – P. 66–69.
11. Aldoshin S. M., Badamshina E. H., Kablov E. N. Polimernye nanokompozity – novoe pokolenie polimernykh materialov s povyshennymi ehkspluatsionnymi harakteristikami // *Rosnanotekh-08. I Mezhdunar. forum po nanotekhnologiyam : sb. tez. dokl. nauch.-tekhnol. sekcij*. – M., 2008. – S. 385–387.
12. Ob"emnye tekstil'nye preformy, ispol'zuemye pri izgotovlenii polimernykh kompozitsionnykh materialov (obzor) [Ehlektronnyj resurs] / K. I. Doneckij, A. E. Raskutin, P. A. Hilov, YU. V. Luk'yanenko, P. G. Belinis, A. A. Korotygin // *Trudy VIAM : ehlektron. nauch.-tekhn. zhurnal*. – 2015. – № 9. – St. 10. – Rezhim dostupa : <http://www.viam-works.ru> (data obrashcheniya: 19.02.2018).
13. Doneckij K. I., Kogan D. I., Hrul'kov A. V. Svoystva polimernykh kompozitsionnykh materialov, izgotovlennykh na osnove pletenykh preform [Ehlektronnyj resurs] // *Trudy VIAM : ehlektron. nauch.-tekhn. zhurnal*. – 2014. – № 2. – St. 02. – Rezhim dostupa : <http://www.viam-works.ru> (data obrashcheniya: 19.02.2018).
14. Issledovanie treshchinostojkosti polimernykh kompozitsionnykh materialov, izgotovlennykh metodom infuzii s ispol'zovaniem razlichnykh koncentratov na osnove modifitsirovannykh UNT [Ehlektronnyj resurs] / V. A. Bol'shakov, V. I. Solodilov, R. A. Korohin, S. V. Kondrashov, YU. I. Merkulova, T. P. D'yachkova // *Trudy VIAM : ehlektron. nauch.-tekhn. zhurnal*. – 2017. – № 7. – St. 7. – Rezhim dostupa : <http://www.viam-works.ru> (data obrashcheniya: 19.02.2018).
15. Raskutin A. E., Hrul'kov A. V., Girsh R. I. Tekhnologicheskie osobennosti mekhanooobrabotki kompozitsionnykh materialov pri izgotovlenii detalej konstrukcij (obzor) [Ehlektronnyj resurs] // *Trudy VIAM : ehlektron. nauch.-tekhn. zhurnal*. – 2016. – № 9. – St. 12. – Rezhim dostupa : <http://www.viam-works.ru> (data obrashcheniya: 19.02.2018).
16. Tarasov V. A., Galinovskij A. L., Elfimov V. M. Ehrozionnoe iznashivanie obrabatyvaemoj poverhnosti pri ciklicheskom nagruzhении potokom abrazivnykh chastic // *Vestnik MGTU im. N. Eh. Baumana*. – 2008. – Spec. vypusk. – S. 163–174.
17. Grishina O. I., Serpova V. M. Osobennosti kontrolya mekhanicheskikh svoystv voloknistykh odnonapravlennykh metallicheskikh kompozitsionnykh materialov (obzor) [Ehlektronnyj resurs] // *Trudy VIAM : ehlektron. nauch.-tekhn. zhurnal*. – 2017. – № 1. – St. 5. – Rezhim dostupa : <http://www.viam-works.ru> (data obrashcheniya: 19.02.2018).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

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, профессор

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

Коновалов Владимир Викторович

кандидат технических наук, начальник ФГБУ «Агентство „ЛЕН“», г. Москва, Россия

mochalov-leo@mail.ru, vladimir.drozдов.45@mail.ru, fgu-len@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПА УПРАВЛЕНИЯ МЯЛЬНО-ТРЕПАЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ

В данной статье приводится сравнительный анализ систем автоматического управления (САУ), оценка их эффективности и функциональности. Объект управления – мяльно-трепальный агрегат, возмущающие воздействия: относительная влажность, отделяемость волокна от древесины, абсолютная разрывная нагрузка, которые определяются при помощи блока датчиков. Исполнительные устройства – приводы агрегата. Проанализированы конструктивные особенности устройства, позволяющего контролировать массу и плотность движущегося материала во времени, используемого в замкнутой САУ. Рассмотрены замкнутая, разомкнутая, комбинированные, одноуровневые и многоуровневые САУ. Наибольший интерес вызывает выбор принципа регулирования для данного объекта управления. По каждому представленному принципу регулирования: принцип Понселе, принцип Ползунова – Уатта сделаны сравнительные выводы. Обоснование принципа построения системы управления строится исходя из конструктивных особенностей узлов агрегата и технологии получения длинного льноволокна.

Ключевые слова: мяльно-трепальный агрегат, автоматическая система управления, технологии получения длинного льноволокна, регулирование, принцип Понселе, принцип Ползунова – Уатта, блок датчиков, информационный сигнал.

Мяльно-трепальный агрегат (МТА) – основное технологическое оборудование льнозаводов. Агрегат предназначен для обработки льняной тресты и получения льноволокна. Современное состояние технологического оборудования льнозаводов, даже при наличии качественного сырья, не позволяет производить продукцию высоких показателей стандарта качества. Эта проблема может быть решена путем оперативного управления технологическим процессом производства длинного волокна.

Мяльно-трепальный агрегат – достаточно сложный с точки зрения автоматизации объект автоматического управления. Это связано с тем, что технологический процесс переработки льнотресты является многостадийным.

В каждом технологическом процессе свои входные и выходные параметры, а также возмущающие воздействия, нарушающие ход технологического процесса получения длинного льново-

локна. Декомпозиция МТА на совокупность более простых объектов облегчает синтез системы управления. Система управления процессом получения длинного волокна осуществляется по координатам конечного продукта – длинного волокна в функциональной зависимости от параметров входящего сырья – льнотресты.

Предлагаются различные подходы для управления МТА [1–3]. На рис. 1 представлена комбинированная система автоматического управления [2, с. 86]. Первый уровень системы разомкнут. Блок датчиков (БД) измеряет технологические параметры льнотресты: отделяемость волокна от древесины, относительную влажность на входе агрегата. Информационный сигнал поступает в регуляторы P_1 , P_2 , которые управляют электро- и сервоприводом машин: мяльной (ММ) и трепальной (ТМ).

Второй уровень предполагает введение в систему информационных сигналов (УП₁–УП₃), что позволяет контролировать плотность материала по технологическим процессам и оценивать посредством блоков управления (БВ₁, БВ₂)

величину умина, массовую долю недоработки и выхода длинного волокна. Таким образом реализуется замкнутая система управления. Комбинированная система управления предполагает выбор важнейшего параметра: выхода длинного волокна на выходе ТМ для реализации максимальной эффективности технологического процесса. Соответственно управление процессом промина осуществляется в функции выходных параметров (ТМ): выхода длинного волокна и массовой доли недоработки. Управляющее устройство (УУ) выполняет функции обработки

получаемой информации по технологическим параметрам и формирует воздействия по отдельным контурам системы. Принцип управления по отклонению, рассмотренный в работе [2, с. 86], предполагает непрерывный автоматический контроль значений выхода длинного волокна и массовой доли недоработки путем измерения массы волокнистого материала на всех стадиях обработки тресты с помощью устройств [4], введенных в систему (УП₁–УП₃), которые позволяют контролировать массу и плотность движущего материала во времени.

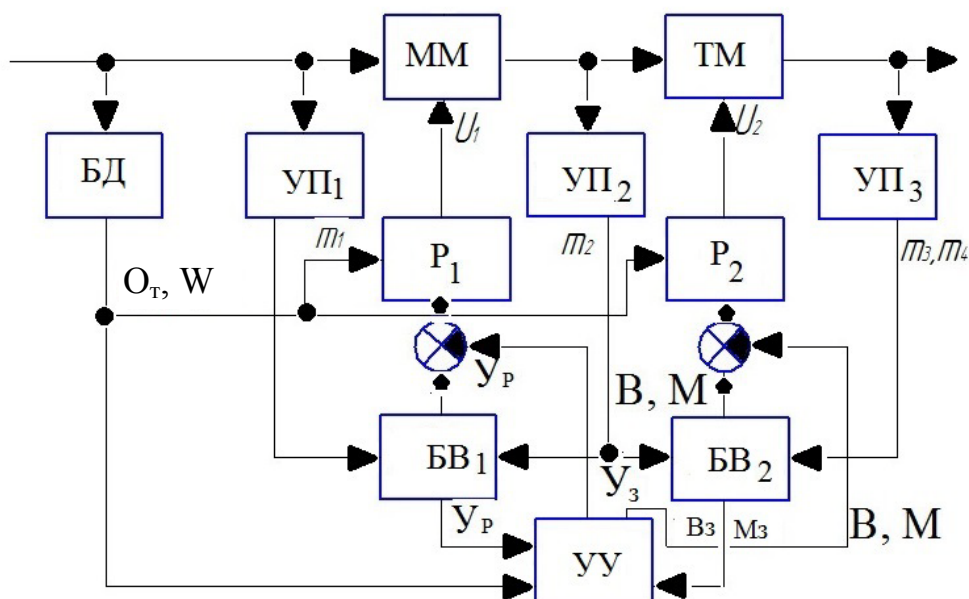


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом получения длинного волокна [1]:

- ММ – мяльная машина;
- ТМ – трепальная машина;
- УП₁–УП₃ – устройства измерения массы и плотности продукта;
- БД – блок датчиков;
- БВ₁ – блок вычисления умина;
- БВ₂ – блок вычисления выхода длинного льноволокна и массовой доли недоработки;
- Р₁, Р₂ – регуляторы;
- В_з, М_з, У_з – заданные значения выхода длинного волокна, массовой доли недоработки и умина соответственно;
- В, М, У_р – измеренные значения выхода длинного волокна, массовой доли недоработки и умина соответственно;
- О_т – отделяемость льнотресты;
- W – относительная влажность тресты;
- U₁, U₂ – управляющее воздействие на электропривод ММ и ТМ соответственно

Измерение силы, возникающей при нагружении весов массой этого сырья, является довольно проблематичным. Приложенная сила, воздействующая на датчик, состоящий из упругого элемента и преобразователя деформации, неадекватно отражает массу материала, крайне неупорядоченного по своей структуре и имеющего значительные силы сцепления в продольном направлении. В результате электронные

платформенные весы, над которыми с большой скоростью (70 м/мин) перемещается волокнистый материал, со значительной степенью дезориентации с большой ошибкой реагируют на массу этого материала.

Кроме того, обратная связь между информационным сигналом по массе, получаемым на выходе агрегата, и управляющим воздействием не обеспечит необходимого качества регулиро-

вания при резких колебаниях массы обрабатываемого материала с учетом высокой инерционности барабана трепальной машины.

Определенный интерес вызывает работа [5, с. 95]: автор предлагает использовать тензомерию в процессе мятя для фиксирования динамических колебаний, возникающих в мяльной паре, при прохождении слоя льнотресты, именно по ним можно отслеживать интенсивность разрушения связи волокна с древесиной. Система мониторинга в режиме реального времени позволит оценивать интенсивность разрушения связи волокна с древесиной, архив данных бу-

дет использоваться для обучения нейронной сети, используемой в системе автоматического управления.

Оперативное управление этими колебаниями возможно за счет изменения распределенной нагрузки на слой, таким образом, будет реализована двухконтурная разомкнутая система управления процессом промина стеблевого слоя.

На рис. 2 предлагаемая нами структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом получения длинного волокна.

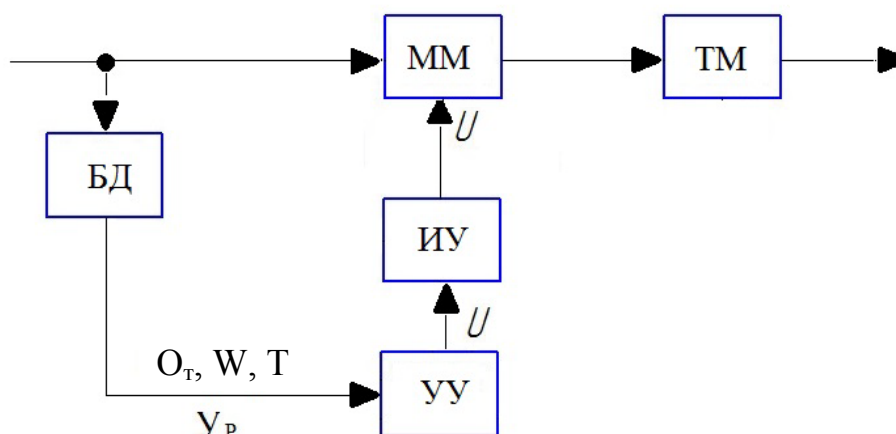


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом получения длинного волокна:

- ММ – мяльная машина;
- ТМ – трепальная машина;
- БД – блок датчиков;
- ИУ – исполнительное устройство; УУ – управляющее устройство;
- U_p – измеренные значения входных параметров сырья;
- O_r – отделяемость льнотресты;
- W – относительная влажность льнотресты;
- T – разрывная нагрузка;
- U – управляющее воздействие на электропривод ММ

Предлагаемый вариант системы управления (см. рис. 2) состоит из блока датчиков (БД), управляющего и исполнительного устройства (УУ, ИУ), объекта управления (мяльной машины). Блок датчиков размещен до слоеформирующей машины и определяет входные параметры процесса мятя: отделяемость волокна от древесины, относительную влажность, разрывную нагрузку. Управляющее устройство выполняет функции: сбора измеренных значений входных параметров сырья (U_p) и выработки управляющего сигнала (U) на электроприводы (ММ), изменяющие глубину захождения рифлей – регулируемый параметр процесса мятя [3, с. 253].

Разомкнутая система управления обеспечивает повышение выхода длинного льноволокна за счет оперативного управления электроприво-

дами мяльной машины. Скорость движения слоя по транспортеру для МТА в среднем устанавливаются 70 м/мин. Расстояние от блока датчиков до мяльной машины в зависимости от комплектации линии варьируется от 10 до 18 м. При такой скорости и длине транспортеров очевидно, что система успеет среагировать на возмущающее воздействие. Временной интервал t при этом рассчитывается по известной формуле:

$$t = \frac{L}{V},$$

где L – длина транспортера, м;

V – скорость движения материала, м/мин.

При моделировании автоматической системы переключений нами установлено, что при обработке одного рулона, длина которого со-

ставляет 250 м, система переключится 20 раз. При этом система реагирует только на системную составляющую свойств сырья [6, с. 15].

В связи с этим предлагаемая нами система наиболее целесообразна для внедрения на льнозаводах.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены принципы управления мяльно-трепальным агрегатом. Наиболее рациональным является использование разомкну-

той системы управления по возмущению для данного объекта управления.

2. Комбинированная система автоматического управления сложна в исполнении.

3. Применение устройств измерения массы и плотности продукта, во-первых, усложнит конструкцию МТА, во-вторых, не принесет ожидаемого результата, в-третьих, частые переключения системы приведут к повышенному износу конструктивных узлов агрегата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Катков А. А. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата в зависимости от влажности льнотресты : дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2008. – 168 с.
2. Вихарев С. М. Совершенствование методов и средств управления процессами получения длинного льняного волокна на мяльно-трепальном агрегате : монография. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. – 103 с.
3. Мочалов Л. В., Дроздов В. Г., Ефремов А. С. Управление процессом мятя при производстве длинного льноволокна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 2(366) – С. 252–256.
4. Пат. № 78573. Российская Федерация. Устройство контроля массы и линейной плотности волокнистых материалов / С. М. Вихарев, Н. М. Федосова, Д. В. Иванюк. – Оpubл. 27.11.2008, Бюл. № 33.
5. Смирнов Б. И. О рациональном процессе мятя при выделении льняного луба : дис. ... канд. техн. наук. – М. : МТИ, 1958. – 203 с.
6. Мочалов Л. В., Дроздов В. Г. Моделирование системы автоматического управления процессом мятя // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2013. – № 2(31). – С. 13–15.

REFERENCES

1. Katkov A. A. Upravlenie rezhimom raboty myal'no-trepal'nogo agregata v zavisimosti ot vlazhnosti l'notresty : dis. ... kand. tekhn. nauk. – Kostroma, 2008. – 168 s.
2. Viharev S. M. Sovershenstvovanie metodov i sredstv upravleniya processami polucheniya dlinnogo l'nyanogo volokna na myal'no-trepal'nom agregate : monografiya. – Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2010. – 103 s.
3. Mochalov L. V., Drozdov V. G., Efremov A. S. Upravlenie processom myat'ya pri proizvodstve dlinnogo l'novolokna // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2016. – № 2(366) – S. 252–256.
4. Pat. № 78573. Rossijskaya Federaciya. Ustrojstvo kontrolya massy i linejnoj plotnosti voloknistyh materialov / S. M. Viharev, N. M. Fedosova, D. V. Ivanyuk. – Opubl. 27.11.2008, Byul. № 33.
5. Smirnov B. I. O racional'nom processe myat'ya pri vydelenii l'nyanogo luba : dis. ... kand. tekhn. nauk. – M. : MTI, 1958. – 203 s.
6. Mochalov L. V., Drozdov V. G. Modelirovanie sistemy avtomaticheskogo upravleniya processom myat'ya // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2013. – № 2(31). – S. 13–15.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)
УДК 004.912

Барило Илья Иванович

кандидат технических наук

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

mail@barilo.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ДОКУМЕНТОВ ЗА СЧЕТ КЭШИРОВАНИЯ ПРОВЕРКИ ОРФОГРАФИИ

В статье рассмотрена традиционная модель использования специальных модулей и интернет-сервисов, применяемых при периодической проверке орфографии текстовых документов большого объема. Рассмотрены проблемы проверки орфографии, возникающие при проверке простого текста и документов в системах управления версиями. Выявлен этап проверки орфографии, наиболее затратный по времени выполнения, и предложено использовать кеширование предыдущих результатов проверки орфографии для его ускорения. Предложено также разделить кеширование на несколько уровней и этапов, позволяющих еще больше сократить время выполнения этапа проверки орфографии, а также объем проверяемого текста, что не только повышает скорость проверки орфографии, но и снижает затраты на использование ресурсов, предоставляемых интернет-сервисами.

Ключевые слова: орфография, проверка, слово, текст, интернет-сервисы, кеширование, API-функция.

Современные текстовые процессоры, а также элементы различных интерфейсов, поддерживающие ввод текста, часто используют автоматическую проверку орфографии, которая облегчает контроль орфографических ошибок в введенном тексте. Подобный функционал вошел прочно в нашу жизнь и является чем-то привычным, не требующим специального использования и настройки.

Если использовать большие по объему документы, то зачастую вместе с проверкой измененной незначительной части текста текстовые процессоры производят проверку орфографии всего документа, что может занимать значительное время. Ярким примером такой избыточной проверки являются разнородные документы в системе контроля версий, при проверке которых обычно проверяются все документы или только измененные, но тоже значительно превышающие по объему внесенные в них изменения, что приводит к избыточности проверки. Следует обратить внимание, что в системах контроля версий не всегда используются простые текстовые файлы без оформления, поэтому можно разделить проблему на несколько частей:

1) в случае использования текстовых файлов без оформления системы контроля версий могут указывать только фрагменты текста, например, измененные буквы в словах, что не

позволит выделить измененный фрагмент полностью для перепроверки;

2) при использовании текстовых файлов с форматированием, например документов Microsoft Word, в измененных фрагментах нельзя определить, к каким словам относятся изменения, и даже в этом случае остается проблема (см. п. 1).

Программное обеспечение, применяемое для проверки документов, обычно использует сторонние средства проверки орфографии, которые подключаются через API-функции [1] как к локальным средствам проверки, так и к интернет-сервисам.

Популярные средства проверки орфографии, используемые в ПО, включают:

1) локальные модули проверки орфографии:

- Microsoft Word [2];
- Apache OpenOffice;
- Hunspell [3];

2) интернет-сервисы:

- Яндекс. Спеллер [4];
- Bing [5].

При использовании интернет-сервисов часто возникают дополнительные сложности, вызванные ограничением сервисов на количество текстовых фрагментов, стоимостью проверки и т. п.

Традиционная схема алгоритма представлена на рис. 1, где порядок проверки орфографии следующий:

- 1) проверяемая строка разделяется на слова;
- 2) слова поочередно передаются в функцию проверки орфографии через API.

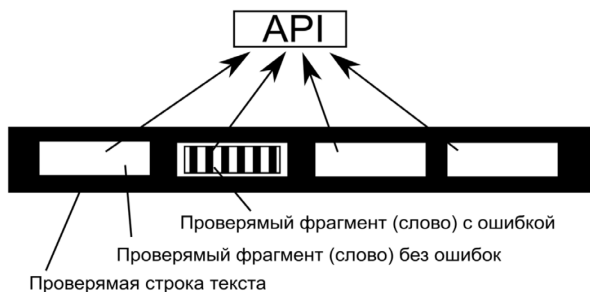


Рис. 1. Традиционная схема алгоритма проверки орфографии

Наиболее затратный по времени этап – это проверка слов через API, в процессе которой происходит множество обращений к внешней функции. Если сократить количество обращений через API, то это существенно повысит скорость проверки орфографии, а также снизит стоимость запросов в случае с рядом интернет-сервисов.

В случае когда часто происходит повторная проверка орфографии одних и тех же фрагментов текста, желательно исключить их из повторной проверки. Для исключения повторения можно использовать кэширование [6, 7] результатов прошлых проверок орфографии, которое несколько снизит скорость подготовки текстовых фрагментов для проверки, но при этом существенно уменьшится общее время проверки орфографии за счет сокращения количества обращений к модулям проверки через API-функции.

Предлагаемый алгоритм представлен на рис. 2, где можно выделить ряд этапов:

1. Определение в тесте фрагментов текста (строки).
2. Строки проверяются по наличию в кэше, и отсутствующие передаются далее.
3. Строки разделяются на слова и передаются на проверку наличия их в кэше слов. При отсутствии слов в кэше они передаются далее.
4. Слова передаются на проверку через API-функции, при отсутствии ошибок в словах слова и фразы, в которых нет слов с ошибками, добавляются в кэш.

Для оценки эффективности был подготовлен пример изменения текстовой документации в системе контроля версий, представленный на рис. 3, где показан набор слов с учетом версий текстового файла. На рис. 3 изменяемые слова отмечены черным цветом, а в случае удаления прямоугольники убраны, при добавлении – добавлены.

Из рис. 3 видно, что изменяемых фрагментов 24, а также 58 повторяемых фрагментов. В данном случае рассмотрены фразы, но пропорциональные результаты будут и для слов во фразах.

На рис. 4 рассмотрена схема использования и наполнения кэша, из которой видно, что на первом этапе все слова попадают в пустой кэш и в дальнейшем он пополняется от версии к версии. Следует отметить, что часть фраз может дублироваться и в кэш попадает только один вариант фразы, например, в тексте появляется фраза «Введите название:» сразу в нескольких местах. На схеме дубликаты слов отмечены белым цветом.

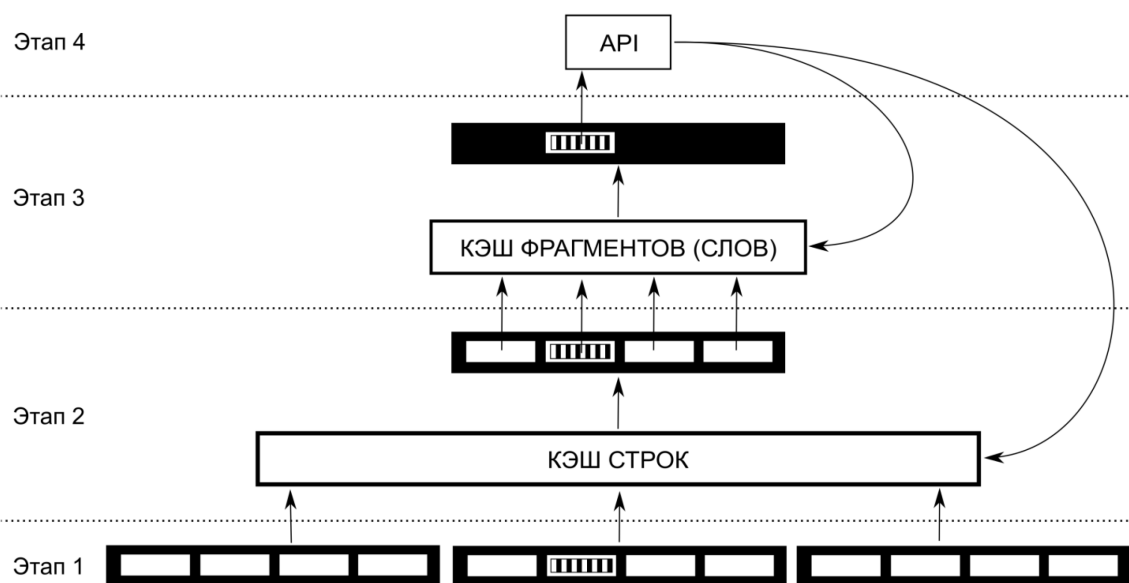


Рис. 2. Предлагаемый алгоритм проверки орфографии



Рис. 3. Фрагменты текста с учетом версии текстового файла

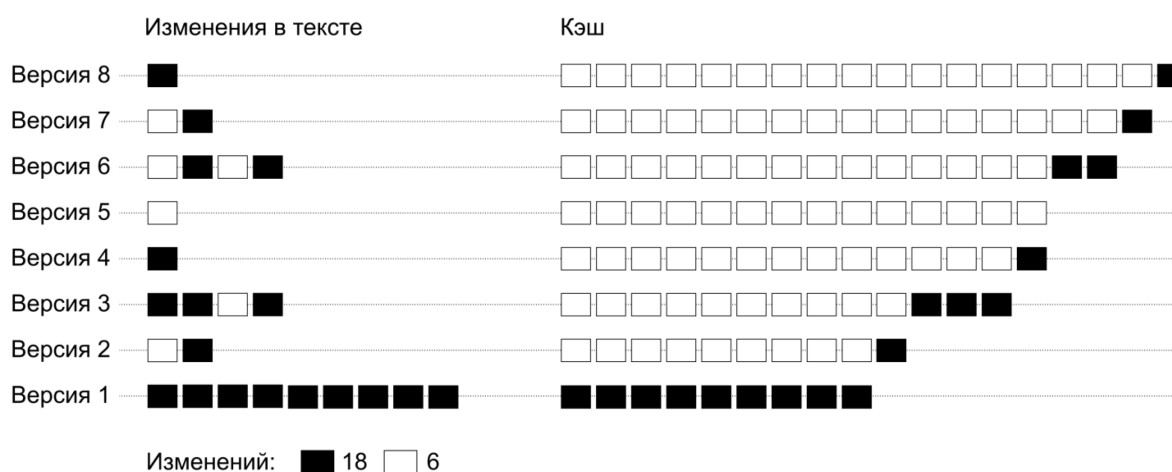


Рис. 4. Порядок заполнения кэша

Таким образом, предложен алгоритм увеличения скорости повторной проверки орфографии для текстов с незначительными изменениями, который будет эффективен для больших объемов текстов в системах контроля версий, путем сокращения количества обращений к модулям проверки орфографии за счет использо-

вания двухэтапного кэширования результатов предыдущих проверок орфографии. Предложенное решение не только позволит повысить скорость проверки орфографии, но и в случае использования интернет-сервисов может снизить стоимость их использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проверка орфографии с помощью API проверки правописания Bing [Электронный ресурс] // Руководство по Microsoft Azure для разработчиков. – Режим доступа : <https://docs.microsoft.com/ru-ru/xamarin/xamarin-forms/data-cloud/cognitive-services/spell-check> (дата обращения: 15.04.2018).
2. Check spelling and grammar in Office 2010 and later [Electronic resource]. – Mode of access : <https://support.office.com/en-us/article/Check-spelling-and-grammar-in-Office-2010-and-later-5cdecad7-d81d-47de-9096-efd0ee909227> (дата обращения: 15.04.2018).
3. Hunspell: About [Electronic resource]. – Mode of access : <https://hunspell.github.io> (дата обращения: 15.04.2018).
4. Спеллер [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tech.yandex.ru/speller> (дата обращения: 15.04.2018).
5. API Bing для проверки орфографии [Электронный ресурс] // Руководство по Microsoft Azure для разработчиков. – Режим доступа : [https:// azure. microsoft.com/ru-ru/services/cognitive-services/spell-check](https://azure.microsoft.com/ru-ru/services/cognitive-services/spell-check) (дата обращения: 15.04.2018).

6. Кэширование данных [Электронный ресурс] // Руководство по Microsoft Azure для разработчиков. – Режим доступа : <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/75akte27.aspx> (дата обращения: 15.04.2018).
7. Кэширование в основе эффективности приложений [Электронный ресурс] // Руководство по Microsoft Azure для разработчиков. – Режим доступа : [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ff953179\(v=pandp.50\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ff953179(v=pandp.50).aspx) (дата обращения: 15.04.2018).

REFERENCES

1. Proverka orfografii s pomoshch'yu API proverki pravopisaniya Bing [Ehlektronnyj resurs] // Rukovodstvo po Microsoft Azure dlya razrabotchikov. – Rezhim dostupa : <https://docs.microsoft.com/ru-ru/xamarin/xamarin-forms/data-cloud/cognitive-services/spell-check> (data obrashcheniya: 15.04.2018).
2. Check spelling and grammar in Office 2010 and later [Electronic resource]. – Mode of access : <https://support.office.com/en-us/article/Check-spelling-and-grammar-in-Office-2010-and-later-5cdec7-d81d-47de-9096-efd0ee909227> (data obrashcheniya: 15.04.2018).
3. Hunspell: About [Electronic resource]. – Mode of access : <https://hunspell.github.io> (data obrashcheniya: 15.04.2018).
4. Speller [Ehlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <https://tech.yandex.ru/speller> (data obrashcheniya: 15.04.2018).
5. API Bing dlya proverki orfografii [Ehlektronnyj resurs] // Rukovodstvo po Microsoft Azure dlya razrabotchikov. – Rezhim dostupa : <https://azure.microsoft.com/ru-ru/services/cognitive-services/spell-check> (data obrashcheniya: 15.04.2018).
6. Kehshirovanie dannyh [Ehlektronnyj resurs] // Rukovodstvo po Microsoft Azure dlya razrabotchikov. – Rezhim dostupa : <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/75akte27.aspx> (data obrashcheniya: 15.04.2018).
7. Kehshirovanie v osnove ehffektivnosti prilozhenij [Ehlektronnyj resurs] // Rukovodstvo po Microsoft Azure dlya razrabotchikov. – Rezhim dostupa : [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ff953179\(v=pandp.50\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ff953179(v=pandp.50).aspx) (data obrashcheniya: 15.04.2018).

SUMMARY

TEXTILE PRODUCTS TECHNOLOGIES AND MODERN MATERIALS

Nuriyev M. N., Jabbarova G. Z.

Azerbaijan State Economic University, Baku, Azerbaijan

mehman62@mail.ru, qenire.cabbarova@mail.ru

USE OF KINEMATIC PARAMETERS OF THE MOTAL MECHANISM FOR CONTROL OF THE STRUCTURE OF THE WINDING

The article considers the possibility of estimating the parameters of the winding structure on the basis of the analysis of the kinematic relationships in the winding mechanism. Based on the analysis of sources of scientific and technical information, it is established that the winding structures that arise when superfluous windings are applied to the sites of the laying of previous ones are defective. When they are unwound during the technological process, there is an increased discontinuity. As a result of analysis of the kinematics of the winding mechanism, a relationship is obtained between the speed of the yarn feeder and the speed of rotation of the bobbin at which defect structures are formed. A scheme of a device providing monitoring of the winding structure in real time is proposed. The result of the device operation are diagrams that clearly represent the winding structure in the form of columns located on the appropriate diameters and allowing to quantify the number of turns stacked on each other during winding formation.

Keywords: thread, yarn guide, winding structure, windings, bobbin rotation speed, yarn feeder speed, winding structure estimation.

Tulach L.

(VUTS, a. s.), Liberec, Czech Republic

Kiselev M. V.

Kostroma State University, Kostroma, Russia

Kiselyov N. V.

Kostroma State University, Kostroma, Russia

Lubomir.Tulach@vuts.cz, kisselev50@mail.ru, kstu-tplv@yandex.ru

DEVELOPMENT OF MICROWAVE DRYER

The article presents the results of the work of the VUTS staff, as. on the development of a microwave dryer for drying fabrics and meshes with the capacity of 23 kW. Instead of classical dryers can be used method of microwave drying. To enhance the effect of drying system of reflective plate is used. The energy that is not absorbed in the material being dried is reflected back to the area of the textile by means of this reflective plate. This microwave dryer effectively uses also the heated air that is generated in the actual microwave drying, thus it is solved the actual problem of energy saving. Purpose of this work is to achieve very effective drying. This way of utilizing the heated air is protected by a patent.

Keywords: microwave, dryer, ventilator, magnetron, fabrics, mesh, energy.

Kuznetcova N. S.

Kostroma State University, Kostroma, Russia

leto044@yandex.ru

THE DEFINITION OF THE COMPONENTS OF THE TORSION DEFORMATION OF THE PRODUCT FORMED IN THE AERODYNAMIC TORSIONAL DEVICE

The paper proposes models explaining the mechanism of torsion occurrence in the finished yarn formed by the reel method. The description of the developed laboratory bench to determine the number of torsions formed by the air vortex is performed. Experimental studies have been carried out to determine the components of torsion deformation, graphical dependencies have been constructed and analyzed, and the shares of elastic, elastic and plastic components of torsion deformations have been determined.

Keywords: the twist in the yarn by air vortex, the aerodynamic torsional device, linen yarn, finchesmethod, the torsional strain.

MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY**Orlov A. V.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

Pashin E. L.

Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia

aorlov@list.ru, evgpashin@yandex.ru

ALGORITHM OF CALCULATION OF TENSILE STRENGTH UTILIZATION QUOTIENT FOR A COMPLEX OF FIBERS, YARNS OR THREADS

The topic of this research is algorithm of calculation of tensile strength utilization quotient for a complex of filaments undergoing breakage during axial stretching. It is determined that there exist certain difficulties regarding determining of the parameters of Weibull's distribution (specifically, α) that describe the properties of material being tested. Authors compare two numerical methods of finding α -dichotomy and Broyden – Fletcher – Goldfarb – Shanno algorithm. Based on the results, authors recommend using dichotomy as more computationally lightweight. A program has been created that can calculate tensile strength utilization quotient of a filament sample and required Weibull's distribution parameters. Experiments have been conducted on a selection of various threads and yarns.

Keywords: fiber, stretching, tensile strength utilization quotient, algorithm, dichotomy, numerical method.

TECHNOLOGICAL MACHINERY AND EQUIPMENT**Travin M. M.**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

Razin S. N.

Kostroma State University, Kostroma, Russia

Privalov A. V.

Moscow Power Mechanical Plant № 1, Moscow, Russia

kaf_bi@ksu.edu.ru, razin1954@list.ru, mez1@mail.ru

THE STUDY AND CALCULATION OF THE STRESS AT THE BASE OF THE NEEDLE-BLADED HEADSET FOR CARDING OF BAST FIBRES

The article describes the main types of failures that occur during operation and predictable when creating new designs needle-bladed headset, shows the necessity of studying the stress-strain state of its Foundation. With the help of computer modeling using ANSYS package revealed the main reason for the rejection shelf base – the deflection of the horizontal part. Developed a methodology for estimating strength in the most stressed zones of the base in its horizontal portion in the vicinity of the extreme points, where it experiences bending stresses. Planck considered as a composite design, the equations of equilibrium of its individual elements under the action of forces of friction, normal pressure, and the forces of the technological impact of the needles on the treated product and stress from tightening the wedge in the clamp is transmitted to the base. The values of reaction forces and points of their application. The calculated values of stresses in the most loaded points of the base, which are in good agreement with the results obtained on the basis of the finite element simulation proved the feasibility of using the proposed methodology for engineering calculations.

Keywords: bastfibre, carding, needle headset, base, stress-strain state.

Palochkin S. V., Alekseev V. I.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

palmigs@mail.ru, slavapostbox@gmail.com

SCATTERING OF ENERGY OF SMALL TRANSVERSE VIBRATIONS OF BRANCH OF CHAIN TRANSMISSION ON CONTACT DEFORMATIONS IN CHAIN HINGES

The work is devoted to an analytical study of the damping of small transverse vibrations of branches of the driven chain transmissions. Typical for chain transmissions with small masses of stars and parts attached to them vibrations of the leading branch which are associated with a change in its sag in the case of slow angular harmonic vibrations of the transmission stars caused by the twisting of its shafts are considered. It is

shown that part of the energy of such vibrations is scattered on the elastic tangential contact deformations in the hinges of the chain. Calculation formulas are obtained for determining the dissipative characteristics of chains in the form of absolute energy dissipation over the cycle of the considered vibrations and the absorption coefficient, which make it possible to estimate the effect of the chain parameters and the amplitudes of the vibrations on its damping features. The results of the work can be used to study the dynamics of drives with chain transmissions for machines of various industry purposes.

Keywords: chain transmission, vibration damping, chain hinge, contact deformation, absorption coefficient.

Manzhosov V. K.

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

v.manjosov@ulstu.ru

THE SYNTHESIS OF FORCE ON THE ROD INTERACTING WITH THE TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT

The article is devoted to the formation of a rational law of force change, providing an effective impact on the elastic rod when it is introduced into the technological environment. It is assumed that the resistance of the process medium increases linearly with the introduction and disappears with the reverse movement of the rod. The rod is considered as an elastic body with a distributed mass. The wave equation is used to describe the rod motion. To solve the wave equation, the method of traveling waves is applied. A direct wave is formed at the opposite end of the rod and determines the law of force change. The change in force must be such that the effect of the wave formed on the technological environment does not lead to reflected waves. In this case, the energy of the direct wave will be spent on the work of the resistance forces of the technological medium.

Keywords: rod, power system, wave model of motion, method of traveling waves.

MATERIAL PROCESS TECHNOLOGIES

Dyshenko V. S., Raskutin A. E., Donetskiy K. I., Karavaev R. Y.

Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials" State Research Center of the Russian Federation, Moscow, Russia

dyshenko_vs@viam.ru

HYDROABRASIVE CUTTING OF CARBON PLASTIC BRAIDING PREFORMS

The article represents the rationale for choosing the modes of hydroabrasive cutting of carbon fiber on the basis of volumetric reinforced braided preform, the dependence of the change in the lengths of cracks formed in carbon plastic as a result of breakdown of samples on the pressure and thickness of the material are defined, recommendations for choosing the distance from the point of incision to the working area of a sample of CFRP are given, quality research of the carbon fiber samples cut surface by the microscopy methods are performed.

Keywords: waterjet cutting, cutting of composite materials, abrasive, lamination of samples, microscopy, surface roughness, braiding preform.

PROCESS FLOWS AUTOMATISATION AND MANUFACTURING SYSTEMS ROBOTISATION

Mochalov L. V., Drozdov V. G., Konovalov V. V.

Kostroma State University, Kostroma, Russia

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

PROCESS FLOWS AUTOMATISATION AND MANUFACTURING SYSTEMS ROBOTISATION

This article provides a comparative analysis of automatic control systems (ACS), evaluation of their efficiency and functionality. Control object – myalnyh-scutching unit, disturbance: the relative humidity, the separability of the fiber from the wood, the absolute breaking load determined with the sensor unit. Actuating devices – drives of the unit. The design features of the device allowing to control the mass and density of the driving material in time used in the closed ACS are analyzed. Considered: closed, open, combined, single-

level and multi-level ACS. The greatest interest is the choice of the control principle for this control object. For each presented principle of regulation: Poncelet principle, Polzunov– Watt principle made comparative conclusions. The substantiation of the principle of construction of the control system is based on the design features of the units of the unit and the technology of obtaining long flax fiber.

Keywords: *myalnyh-scutching unit, automatic control system, technology of obtaining long flax fiber, regulation, principle, Poncelet, Polzunov – Watt, sensor unit, the information signal.*

INFORMATION TECHNOLOGIES

Barilo I. I.

Kostroma State University, Kostroma, Russia

mail@barilo.ru

THE INCREASE OF EFFICIENCY OF PREPARATION OF DOCUMENTS BY CACHING CHECK SPELLING

The article considers the traditional model of the use of special modules and Internet services used for verifying the spelling of large-volume text documents that require periodic verification. The problems of spelling checking, which arise when checking simple text and documents in version control systems, are considered. The spelling check phase, the most time-consuming run-time, was identified and it was suggested to use the caching of previous spelling check results to speed it up. It is also proposed to divide the caching into several levels and stages, allowing even more to reduce the time for the spelling checker, as well as the volume of the text to be scanned, which not only increases the speed of spelling, but also reduces the cost of using the resources provided by Internet services.

Keywords: *spelling; verification; word; text; Internet services; cache; API-function.*

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. Ф. И. О. автора, название учебного заведения, организации (место учебы, работы), название статьи, аннотация 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 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.
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. Ф.И.О. 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. : Легпромбытиздат, 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) отрасли 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:

Сюй 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.) [Электронный ресурс] : вид издания. – Режим доступа : информация о протоколе доступа к сетевому ресурсу (http) и его электронный адрес (сведения о дате обращения: число, месяц, год).

Например:

Сергеев Е. Ю. Вспомогательные (прикладные) дисциплины. Фотодело [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Санкт-Петербургский гос. ун-т сервиса и экономики, 2010. – Режим доступа : <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 [Электронный ресурс] // Научный вестник КГТУ. – 2010. – № 2. – Режим доступа : <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» [Электронный ресурс] : в ред. от 27.11.2006 // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа : <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2017).

Концепция национальной безопасности РФ [Электронный ресурс] : утв. Указом Президента РФ от 17 декабря 1997 г. № 1300: в ред. Указа Президента РФ от 10 января 2000 г. № 24. – Режим доступа : http://oficery.ru/2008/01/31/jncercija_nacionalnoj_bezопасnosti_rf.html (дата обращения: 02.10.2017).

Официальный сайт компании Global Fund Management & Administration PLC [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.globalfund.ru> (дата обращения: 8.09.2017).

Отрасль в цифрах [Электронный ресурс] // Официальный сайт ИА REGNUM. – Режим доступа : 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

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Нуриев М. Н. оглы, Джаббарова Г. З. кызы. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ3

Тулах Л., Киселев М. В., Киселёв Н. В. РАЗРАБОТКА СВЧ-СУШИЛКИ ДЛЯ ТКАНЕЙ.....8

Кузнецова Н. С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЯ ПРОДУКТА, СФОРМИРОВАННОГО В АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ КРУТИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ11

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Орлов А. В., Пашин Е. Л. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАЗРЫВЕ СОВОКУПНОСТИ ВОЛОКОН, ПРЯЖИ И НИТЕЙ15

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Травин М. М., Разин С. Н., Привалов А. В. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСНОВАНИИ ИГОЛЬНО-ПЛАНОЧНОЙ ГАРНИТУРЫ ДЛЯ ЧЕСАНИЯ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН...19

Палочкин С. В., Алексеев В. И. РАССЕЯНИЕ ЭНЕРГИИ МАЛЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЕТВИ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ ВСЛЕДСТВИЕ КОНТАКТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ШАРНИРАХ ЦЕПИ23

Манжосов В. К. СИНТЕЗ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТЕРЖЕНЬ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЙ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДОЙ28

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Дышенко В. С., Раскутин А. Е., Донецкий К. И., Караваев Р. Ю. ГИДРОАБРАЗИВНАЯ РЕЗКА УГЛЕПЛАСТИКА НА ОСНОВЕ ПЛЕТЕННЫХ ПРЕФОРМ32

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Мочалов Л. В., Дроздов В. Г., Коновалов В. В. ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПА УПРАВЛЕНИЯ МЯЛЬНО-ТРЕПАЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ39

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Барило И. И. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ДОКУМЕНТОВ ЗА СЧЕТ КЭШИРОВАНИЯ ПРОВЕРКИ ОРФОГРАФИИ.....43

SUMMARY47

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ51

CONTENTS

TEXTILE PRODUCTS TECHNOLOGIES AND MODERN MATERIALS

- Nuriyev M. N., Jabbarova G. Z.** USE OF KINEMATIC PARAMETERS OF THE MOTAL MECHANISM FOR CONTROL OF THE STRUCTURE OF THE WINDING 3
- Tulach L., Kiselev M. V., Kiselyov N. V.** DEVELOPMENT OF MICROWAVE DRYER 8
- Kuznetcova N. S.** THE DEFINITION OF THE COMPONENTS OF THE TORSION DEFORMATION OF THE PRODUCT FORMED IN THE AERODYNAMIC TORSIONAL DEVICE 11

MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

- Orlov A. V., Pashin E. L.** ALGORITHM OF CALCULATION OF TENSILE STRENGTH UTILIZATION QUOTIENT FOR A COMPLEX OF FIBERS, YARNS OR THREADS 15

TECHNOLOGICAL MACHINERY AND EQUIPMENT

- Travin M. M., Razin S. N., Privalov A. V.** THE STUDY AND CALCULATION OF THE STRESS AT THE BASE OF THE NEEDLE-BLADED HEADSET FOR CARDING OF BAST FIBRES 19
- Palochkin S. V., Alekseev V. I.** SCATTERING OF ENERGY OF SMALL TRANSVERSE VIBRATIONS OF BRANCH OF CHAIN TRANSMISSION ON CONTACT DEFORMATIONS IN CHAIN HINGES 23
- Manzhosov V. K.** THE SYNTHESIS OF FORCE ON THE ROD INTERACTING WITH THE TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT 28

MATERIAL PROCESS TECHNOLOGIES

- Dyshenko V. S., Raskutin A. E., Donetskii K. I., Karavaev R. Y.** HYDROABRASIVE CUTTING OF CARBON PLASTIC BRAIDING PREFORMS 32

PROCESS FLOWS AUTOMATISATION AND MANUFACTURING SYSTEMS ROBOTISATION

- Mochalov L. V., Drozdov V. G., Konovalov V. V.** PROCESS FLOWS AUTOMATISATION AND MANUFACTURING SYSTEMS ROBOTISATION 39

INFORMATION TECHNOLOGIES

- Barilo I. I.** THE INCREASE OF EFFICIENCY OF PREPARATION OF DOCUMENTS BY CACHING CHECK SPELLING 43

- SUMMARY** 47

- REQUIREMENTS TO REGISTRATION OF ARTICLES** 51

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2018 – № 2(40)

СЕНТЯБРЬ

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 № ФС77-69928 от 29.05.2017 г.*

16+

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

Издательско-полиграфический отдел
Костромского государственного университета

Подписано в печать 4.09.2018. Дата выхода в свет 16.10.2018. Формат бумаги 60×84 1/8.
Печать трафаретная. Печ. л. 7,5. Заказ 221. Тираж 500.
Цена свободная.

Адрес учредителя, издателя и редакции журнала:
156005, 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