

полнотами. Для этой возрастной категории женщин необходимо выпускать обувь большей полноты.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены сравнительные данные по основным размерам стопы и голени женского населения Республики Беларусь различных возрастных групп. Сравнительные данные сопоставимы, так как получены по единой программе и методике измерений.

Приведенный цифровой материал дает представление о статистических параметрах антропометрических признаков по возрастным группам, их средних значениях применительно к определенной длине стопы, а также о размахе изменчивости признаков. Представленные данные убедительно свидетельствуют о том, что для обеспечения населения впорной обувью, облегчающей и полуболегающей голень, необходимо учитывать различие в размерах стоп и голени разных возрастных групп.

SUMMARY

Article is devoted a question definition of correlation dependences between anthropometrical signs of feet and shins of women РБ necessary for construction of system of dimensional standards of footwear.

Authors carry out the statistical analysis not only distributions of signs, but also distributions of their combinations, quantitative parametres of degree of communication between signs are established.

As a result of mathematical processing of an anthropometrical material data which give the chance to pass to construction of dimensional typology of feet are obtained.

УДК 677.017:621.3

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ НАГРУЗКИ И НАТЯЖЕНИЯ ПРИ БАЛЛОНИРОВАНИИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ НИТИ

Е.Г. Замостоцкий, В.И. Ольшанский, А.Г. Коган

В процессе кручения участок нити между нитепроводником и бегунком вращается с частотой вращения бегунка вокруг оси, находящейся в вертикальной плоскости. Под влиянием центробежных сил, действующих перпендикулярно оси вращения, нить отбрасывается в сторону и принимает выпуклую форму, описывая в пространстве баллон.

Нить преодолевает значительные силы трения бегунка о кольцо, так как при увеличении угловой скорости бегунка возникает большая центробежная сила, прижимающая его к кольцу. Кроме центробежных сил на нить действует сила сопротивления воздуха, масса нити, сила Кориолиса (вследствие относительного и переносного движения нити).

Наиболее полно механика гибкой нити изложена в работах А.П. Минакова, И.И. Мигушова [1], Ю.В. Якубовского [2] и др. Вопросами теории процесса баллонирования на текстильном оборудовании занимались Н.Е. Жуковский, П.Ф. Ерченко, А.Н. Васильев [3], А.Г. Коган [4], А.А. Баранова [5], Н.Н. Бадяло [6] и др. Специфика разработанного процесса формирования крученых комбинированных нитей на тростильно-крутильных машинах вызвала необходимость тщательного изучения процесса баллонирования нити первичной и вторичной крутки и разработки нового аналитического метода определения их натяжения в баллоне. Процесс сматывания нити с равномерно вращающейся паковки будем рассматривать как установившееся вращательное движение с постоянной угловой скоростью ω . На участке от бобины до шпинделя веретена комбинированная нить в результате вращения получает форму баллона ABD (рисунок 1).

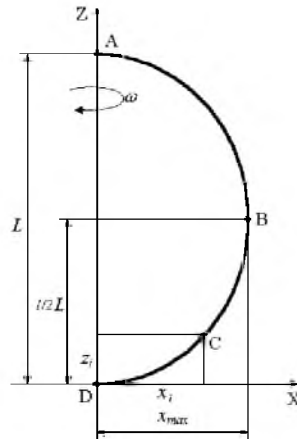


Рисунок 1 – Расчетная схема движения нити

Таким образом, образующую баллон нить будем рассматривать как гибкую материальную линию, которая не искривляется от сопротивления воздуха и расположена в вертикальной плоскости. При анализе также не учитываем силу Кориолиса, величина которой незначительна вследствие малой продольной скорости движения нити. Тогда на баллонную нить действуют центробежная сила и сила тяжести.

Центробежную силу, действующую на единицу длины нити, можно определить по формуле:

$$F_{ц} = m\omega^2 x_i, \quad (3.62)$$

где m – масса единицы длины нити, кг;

x_i – радиус баллона элемента нити, м.

ω – угловая скорость вращения веретена, с^{-1} .

$$\omega = \frac{\pi n_{BP}}{30}, \quad (1)$$

где n_{BP} – частота вращения веретена, мин^{-1} .

Определим длину нити в баллоне при разных положениях кольцевой планки. При верхнем положении кольцевой планки длина нити в баллоне практически совпадает с длиной нити в статическом положении. Следовательно, зная радиус кольца (0,0625 м) и высоту баллона, можно определить длину нити в баллоне L_{min} .

При определении интенсивности нагрузки при баллонировании комбинированной электропроводящей нити представим нить как изогнутую балку и воспользуемся дифференциальным уравнением упругой линии балки (нити) [7 стр 165]:

$$q = \frac{F_{ц}}{L_{in\ var}} = \frac{m\omega^2 x_i}{L_{in\ var}} \quad (\text{Н/м}), \quad (2)$$

где L – длина нити в баллоне, м

$$L_{min} \leq q \leq L_{max}$$

Представим схему нагружения нити как упругую балку на опорах, нагруженную

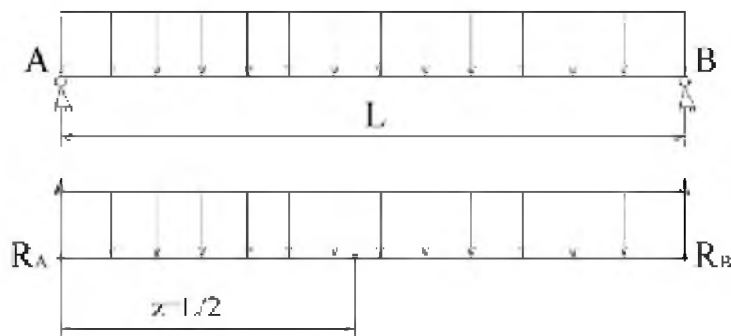


Рисунок 2 - Схема нагружения нити

Опорные реакции при такой схеме нагружения равны:

$$R_A = R_B = \frac{q \cdot L}{2} \quad (3)$$

Изгибающий момент от действия центробежных сил интенсивностью q в сечении z (см. рис 2) M_z определяется равенством:

$$M_z = R_A \cdot z - \frac{q \cdot z^2}{2}, \quad (4)$$

Где $0 \leq z \leq L$

$$M_z = \frac{q \cdot L \cdot z}{2} - \frac{q \cdot z^2}{2} = \frac{q \cdot z}{2} (L - z) \quad (5)$$

Форму изогнутой оси балки или форму упругой линии можно определить при помощи выражения

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_z}{E_{\text{экв}} J_{\text{хэкв}}} \quad (6)$$

где $E_{\text{экв}}$ - эквивалентный модуль упругости комбинированной электропроводящей нити крутки ;

$J_{\text{хэкв}}$ - эквивалентный момент инерции комбинированной электропроводящей нити.

В неподвижной системе координат y, z

$$\frac{1}{\rho} = \frac{y'''}{(1 + y'^2)^{3/2}} \quad (7)$$

Решением дифференциального уравнения для заданной схемы нагружения имеет вид [8 стр. 79].

$$y = \frac{q}{24 E_{\text{экв}} J_{\text{хэкв}}} [2Lz^3 - z^4 - L^3 z] \quad (8)$$

при $0 \leq z \leq L$

Определим геометрические и механические характеристики нити.

Модули упругости исходных компонентов комбинированной нити представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Модули упругости исходных компонентов комбинированной нити

Показатель	Модуль упругости, МПа
Нити полиэфирные	
Высокой прочности (сердечник)	13500-16000
Средней прочности (покрывающий компонент)	12000-14000
Медная микропроволока	120000-130000

Момент инерции для круга определим по формулам:

$$J_{\text{экв}} = \frac{\pi d^4}{64}, \quad (9)$$

Где d - диаметр нити, м

Диаметр нити первичной крутки определяется по формуле:

$$d_1 = 0,0357 \left(\sqrt{\frac{T_c}{\gamma_c}} + \sqrt{\frac{T_{\text{м.нр}}}{\gamma_{\text{м.нр}}} \cdot K_{\text{м.нр}}} \right) \quad (10)$$

$E_{\text{экв}} J_{\text{экв}}$ – определяем из условия равных деформаций всех компонентов, входящих в систему.

Тогда для нити первичной крутки можно записать:

$$\frac{1}{E_{\text{экв}} \cdot J_{\text{экв}}} = \frac{1}{E_c \cdot J_c} + \frac{1}{E_{\text{м.нр}} \cdot J_{\text{м.нр}}} \quad (11)$$

$$E_{\text{экв}} \cdot J_{\text{экв}} = \frac{E_c \cdot J_c \cdot E_{\text{м.нр}} \cdot J_{\text{м.нр}}}{E_{\text{м.нр}} \cdot J_{\text{м.нр}} + E_c \cdot J_c}; \quad (12)$$

Где E_c - модуль упругости сердечника (упрочненной полиэфирной нити);

$J_{\text{сc}}$ - момент инерции сердечника (упрочненной полиэфирной нити).

Для нити вторичной крутки

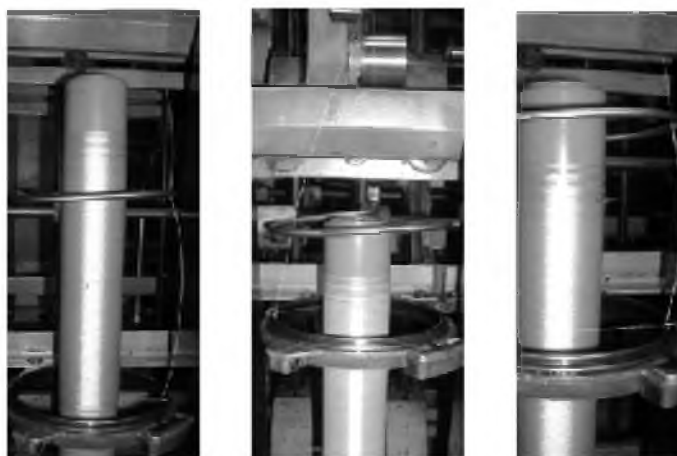
$$\frac{1}{E_{\text{экв}} \cdot J_{\text{экв}}} = \frac{1}{E_c \cdot J_c} + \frac{1}{E_{\text{м.нр}} \cdot J_{\text{м.нр}}} + \frac{1}{E_n \cdot J_n} \quad (13)$$

$$E_{\text{экв}} \cdot J_{\text{экв}} = \frac{E_c \cdot J_c \cdot E_{\text{м.нр}} \cdot J_{\text{м.нр}} \cdot E_n \cdot J_n}{E_n \cdot J_n \cdot E_{\text{м.нр}} \cdot J_{\text{м.нр}} + E_c \cdot J_c \cdot E_n \cdot J_n + E_c \cdot J_c \cdot E_{\text{м.нр}} \cdot J_{\text{м.нр}}} \quad (14)$$

Максимальный прогиб баллона определяется при $z = \frac{L}{2}$ по формуле:

$$y = -\frac{5qL^4}{384E_{\text{экв}}J_{\text{экв}}} \quad (15)$$

При помощи фото- и видеосъемки (см. рис. 3) определены высота баллона, максимальные радиусы баллонизирующей нити и величина прогиба в трех положениях кольцевой планки (в нижнем, среднем и верхнем положении). Данные приведены в таблице 2.



а)- нижнее б) верхнее в) среднее

Рисунок 3 – Фотографии баллонирующей электропроводящей нити в различных положениях кольцевой планки

Таблица 2 – Экспериментальные геометрические параметры баллона при различных положениях кольцевой планки

Параметры	Нижнее положение	Среднее положение	Верхнее положение
Высота баллона, м.	0,5	0,365	0,23
Максимальный радиус баллона, м.			
Нити первичной крутки	0,091	0,071	0,0635
Нити вторичной крутки	0,105	0,0747	0,0648
Величина максимального прогиба, м			
Нити первичной крутки	0,0285	0,0084	0,00145
Нити вторичной крутки	0,0425	0,0122	0,0023

Для различных положений кольцевой планки наблюдается хорошее совпадение результатов эксперимента и расчетных. Ошибка не превышает 6%.

Углы поворота в крайних точках сечения баллона определяются по формулам 16 – 17 [8 стр. 79]:

$$\beta_1 = \frac{qL^3}{24E_{\text{экв}}J_{\text{хэКв}}} \quad (16)$$

$$\beta_2 = \frac{qL^3}{24E_{\text{экв}}J_{\text{хэКв}}} \quad (17)$$

При сравнении расчетных и экспериментальных параметров угла прогиба нити первичной и вторичной крутки при разных положениях кольцевой планки ошибка не превышает 6%, что подтверждает правильность выбора расчетных моделей.

Максимальная сила натяжения нити P , возникающая при производстве комбинированной электропроводящей нити на тростильно-крутильной машине, действует в нижней части баллона около бегунка и определяется по формуле 18 [1].

$$P = \frac{mw^2r}{e^{f \cdot \beta} \cdot (\sin \alpha / \mu + \cos \alpha) - 1} \quad (18)$$

где m - масса бегунка, г;

r – радиус кольца, см;

w – угловая скорость бегунка вокруг веретена, c^{-1} ;
 f – коэффициент трения нити о бегунок;
 β – угол поворота в крайних точках сечения баллона;
 α – угол, определяющий соотношения между радиусами намотки и кольца;
 μ – коэффициент трения бегунка о кольцо;

Из формулы (18) видно, что натяжение нити прямо пропорционально квадрату угловой скорости бегунка, его массе и радиусу кольца. С увеличением коэффициента трения между бегунком и кольцом натяжение нити увеличивается, оно зависит также от соотношения между радиусами намотки и кольца (угол α).

Используя данные таблицы 2 и расчетные величины угла поворота в крайних точках сечения баллона, проведем расчет натяжения комбинированной нити первичной и вторичной крутки в 3-х положениях кольцевой планки.

После расчета приведена таблица 3, в которой представлены натяжения нити в зависимости от положения кольцевой планки.

Таблица 3– Натяжения нити в зависимости от положения кольцевой планки и радиуса намотки нити на паковке

Положение кольцевой планки	Радиус намотки нити на паковке	Натяжение нити, сН
нижнее	минимальный	84,2
нижнее	средний	63,9
нижнее	максимальный	54,1
среднее	минимальный	84,9
среднее	средний	64,4
среднее	максимальный	54,5
верхнее	минимальный	86,5
верхнее	средний	65,5
верхнее	максимальный	55,3

В результате расчета установлено, что в нижнем, среднем и верхнем положении кольцевой планки при минимальном радиусе намотки натяжение комбинированной нити максимальное – 80 – 90 сН, при среднем радиусе намотки натяжение – 60 – 70 сН, а при максимальном радиусе намотки натяжение минимальное и примерно равно во всех положениях кольцевой планки – 50 – 60 сН.

При анализе процесса натяжения комбинированных электропроводящих нитей на тростильно-крутильных машинах установлено, что натяжение на рассмотренном участке процесса меньше разрывной нагрузки, следовательно, при заданных (рекомендуемых) параметрах натяжения формирование комбинированной электропроводящей нити будет происходить с необходимыми характеристиками и минимальным обрывом.

Список использованных источников

1. Мигушов, И. И. Механика текстильной нити и ткани : моногр. / И. И. Мигушов. – Москва : Легкая индустрия, 1980. – 160 с.
2. Якубовский, Ю. В. Основы механики нити / Ю. В. Якубовский [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1973. – 271 с.
3. Борзунов, И. Г. Прядение хлопка и химических волокон (изготовление ровницы, суровой и меланжевой пряжи, крученых нитей и ниточных изделий) / И. Г. Борзунов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 392 с.
4. Коган, А.Г. «Производства комбинированной пряжи и нити», М. «Легкая и пищевая промышленность», 1981 год, 143 с, ил

5. Баранова, А. А. Разработка и исследование технологического процесса получения комбинированных нитей большой линейной плотности : автореферат диссертации кандидата технических наук. Спец. 05.19.02 «Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья, технические науки» / А. А. Баранова ; Витебский государственный технологический университет. – Витебск, 1995. – 220 с. – Спис. лит.
6. Бадяло, Н.Н. Разработка технологического процесса получения комбинированных швейных ниток: автореферат диссертации кандидата технических наук. Спец. 05.19.02 «Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья, технические науки» / Н. Н. Бадяло; Витебский государственный технологический университет. – Витебск, 2007. – 180 с. – Спис. лит.
7. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: Учебник для вузов – 9-е изд., перераб.- М.: Гл. ред. физ.-мат. Лит. 1986.-512 с.
8. Анурьев, В.П. Справочник конструктора машиностроителя: М.том 1 Лит. 1984.-415 с.

SUMMARY

Article is devoted to the theoretical research of the tenseness intensity load and tension during ballooning of combined multifilament electro-conducted thread.

Ascertained, that maximum tension is less then thread's breaking tenacity therefore the combined multifilament electro-conducted thread will be forming with necessary characteristics and minimum breaks. Difference between calculated and factice characteristics is no more then 6%.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ К АНАЛИЗУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 677.025

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ К АНАЛИЗУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.А. Науменко

Большинство исследований в трикотажной отрасли посвящено системам, возможные изменения состояния которых рассматриваются как непрерывные. Кажется вполне естественным, что непрерывные изменения входных воздействий X_1, X_2, \dots, X_k должно вызывать непрерывное изменение реакции системы Y . Но, так бывает не всегда. Это обусловлено тем, что непрерывность изменений состояния системы связана с ее устойчивостью: при потере системой устойчивости, непрерывным изменениям X_1, X_2, \dots, X_k могут соответствовать скачкообразные изменения реакции Y [1].

Один из выдающихся математиков XX-го века Том Р. разработал глубокую теорию скачкообразных изменений, названных им катастрофами [2]. С точки зрения физики или техники, катастрофа – это скачкообразное изменение реакции системы Y при плавном, непрерывном изменении параметров состояния X_i . В этой теории поведение системы описывается переменными X_1, X_2, \dots, X_k , рассматриваемыми как внутренние или переменные состояния. Переменные q_1, q_2, \dots, q_k составляют группу внешних переменных и вводятся в качестве переменных управления. Поведение системы задается потенциалом V . В общем случае $V=V(X_1, X_2, \dots, X_k, q_1, q_2, \dots, q_k)$. Состояниям равновесия системы соответствуют стационарные (независящие от времени) значения потенциала. В них первые производные от потенциала по переменным состояниям обращаются в ноль.

Один из важнейших методов теории катастроф связан с применением ряда Тейлора. Применение его позволяет изучение свойств n -ое число раз дифференцируемой функции свести к более простой задаче изучения свойств