

УДК 677.025:677.08.002:677.1

## ПРОИЗВОДСТВО ТРИКОТАЖА ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ С ВЛОЖЕНИЕМ ОТХОДОВ

*Башкова Г.В., д.т.н., профессор, Башков А.П., д.т.н., профессор,  
Онипченко Н.А., аспирант*

*Ивановский государственный политехнический университет,  
г. Иваново, Российская Федерация*

**Ключевые слова:** термозащитные текстильные материалы, основязанное полотно, тамбурный способ петлеобразования, пряжа с вложением отходов льна.

**Реферат.** В статье обосновывается применение основязальных машин тамбурного способа петлеобразования ОВ-160 для производства трикотажных полотен и сеток технического назначения из низкосортного льносодержащего сырья с вложениями отходов. Авторы предлагают методику расчета натяжения нити в процессе петлеобразования для обоснованного выбора пряжи и технологических режимов работы машины.

При производстве термозащитной одежды для пожарных или работников горячих цехов все чаще предлагается использовать многослойные пакеты, содержащие трикотажный материал. Нами предлагается использовать термоизолирующий основязанный трикотаж, получаемый из льняной пряжи, в состав которой входят отходы льнопроизводства. Это позволяет удешевить комплект защитной одежды, сохранив при этом высокие эксплуатационные свойства изделия, а также возможность экологически безвредной утилизации по окончании использования. Основязанный трикотаж обладает одинаковой растяжимостью во всех направлениях и обеспечивает эргономичность комплекта. В свою очередь, льняное волокно обладает высокими термоизоляционными и термостойкими свойствами, которые усиливаются ячеистой пористой структурой трикотажного полотна. В критических зонах, т.е. в местах контакта с разогретыми предметами (обычно это плечевые ремни дыхательного аппарата), или на выступающих поверхностях (например, плечевой пояс, грудь, бедра, колени) основязанный трикотаж можно усилить, уплотнив структуру или введя уточные нити.

Льняная пряжа обладает достаточной прочностью, эластичностью и растяжимостью, к тому же, она биоразлагаема. В то же время эта пряжа обладает повышенной рыхлостью, неравномерностью по линейной плотности и разрывной нагрузке. Волокна, из которых она состоит, более жесткие и ломкие, по сравнению с обычным сырьем, применяемым для трикотажных изделий. Переработать эту пряжу на обычных основязальных машинах практически невозможно, поскольку главными требованиями к исходным нитям яв-

ляются эластичность, минимальная неравномерность по линейной плотности и прочности, гладкая поверхность с невысоким коэффициентом трения. Технология вязания, реализующая тамбурный способ петлеобразования, наиболее подходит для получения полотен из грубой пряжи. По этому принципу работает основовязальная машина ОВ-160, выпускаемая Шуйской машиностроительной компанией по лицензии итальянской фирмы *Capredoni*. Петлеобразующими органами на этой машине являются изогнутые трубчатые крючки, внутри которых без перегиба и с минимальным трением проходит нить. На машине есть возможность введения уточной нити.

Для обоснованного подбора исходной пряжи и технологических параметров работы машины необходимо определить усилия, действующие на нить в процессе петлеобразования. Общее натяжение нити в процессе петлеобразования можно рассчитать как сумму натяжений в зонах А – Г (рисунок 1).

Натяжение нити в зоне А определяется по известной формуле Эйлера [1]

$$P_{(A)} = P_0 \sum_n^{i=1} e^{\mu \alpha_i}, \quad (1)$$

где  $P_0$  – натяжение в набегающей ветви;  $\mu$  – коэффициент трения нити о металл;  $n$  – число одновременно взаимодействующих с нитью петлеобразующих органов;  $\alpha_i$  – угол охвата [2]:

$$\alpha_i = \frac{\pi}{2} - \arccos \left( 1 - \frac{B}{2P_i R^2} \right), \quad (2)$$

где  $B$  – изгибная жесткость нити;  $P_i$  – предварительное натяжение нити;  $R$  – радиус кривизны нити при огибании петлеобразующего органа  $R = (d + D)/2$ ;  $d$  – диаметр сечения нити;  $D$  – диаметр изгиба петлеобразующего органа (зависит от класса машины).

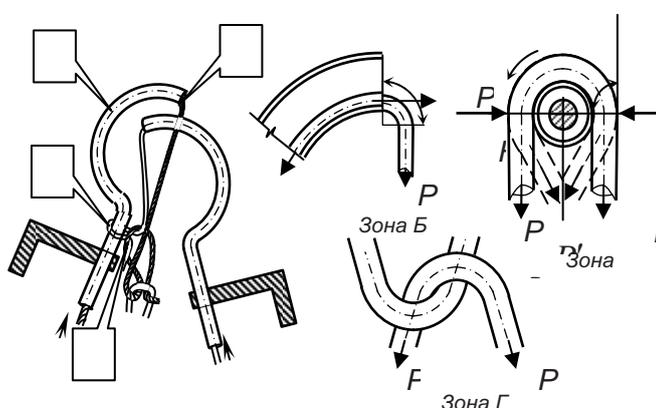


Рисунок 1 – Схема взаимодействия нитей с рабочими органами и между собой при тамбурном петлеобразовании

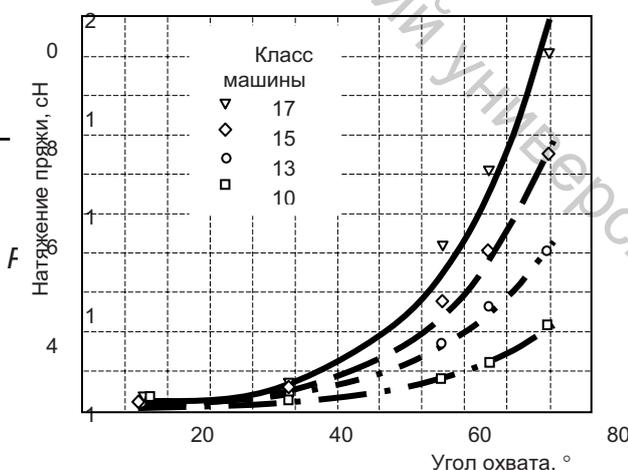


Рисунок 2 – Зависимость натяжения пряжи от угла охвата петлеобразующих органов

Таким образом, для одной и той же нити зависимость натяжения от диаметра изгиба петлеобразующего органа будет

$$P_{(A)} = \frac{2B}{\left(1 - \frac{2d+D}{2\pi}\right)(d+D)^2}. \quad (3)$$

Из приведенных зависимостей видно, что увеличение  $D$  угол охвата резко уменьшается, а, следовательно, снижается и натяжение нити. Зависимости натяжения нити от угла охвата приведены на рис. 2.

При  $10 < D/d < 60$  (движение нити в зонах  $B$  и  $B$ ) происходит сильный упругоэластический изгиб нити с линейной зависимостью напряжения от деформации. Изгибная жесткость нити в этом случае оказывает существенное влияние на ее натяжение: если жесткость нити достаточно велика, уменьшается угол охвата  $\alpha$ . За счет этого натяжение сбегавшей ветви  $P_{B(B)}$ , возникающее от трения, уменьшается согласно [3] в соответствии с выражением

$$P_{B(B)} = P_A e^{\mu\alpha} - \frac{E\pi R_0^4}{8(R+R_0)^2} (e^{\mu\alpha} - 1), \quad (4)$$

где  $J$  – момент инерции сечения нити;  $E$  – продольный модуль упругости нити;  $R_0$  – эффективный радиус,  $R_0 = r_0 \sqrt{N/\varphi}$  [4],  $r_0$  – радиус единичного волокна;  $N$  – число волокон в сечении пряжи;  $\varphi$  – коэффициент плотности укладки волокон (для льняной пряжи 0,83).

Часть работы при движении жесткой нити по цилиндру затрачивается на изгиб и распрямление сходящей и нисходящей ветвей, что создает дополнительное натяжение  $P'_{B-\Gamma}$ . Для его определения рассмотрим нить как стержневой элемент, испытывающий большой прогиб (рис. 1, зона  $B$ ) за счет действия изгибающих сил  $F_u$ . Очевидно, эти силы как при огибании канала петлеобразующего органа, так и при затягивании петли в зонах  $B - \Gamma$ , будут создавать дополнительное натяжение в нити

$$P'_{B-\Gamma} = P_{B(B)} + \frac{B}{2(R+R_0)}. \quad (5)$$

$$B = EJ = ER_0^4 \frac{\pi \cos \gamma (1 - 3 \cos^2 \gamma + 2 \cos^3 \gamma)}{3 \sin^4 \gamma}. \quad (6)$$

При углах изгиба  $\gamma$  близких к  $90^\circ$  изгибная жесткость  $B$  максимальна, затем она резко падает [2]. Тогда

$$P'_{B-\Gamma} = P_{B(B)} + \frac{ER_0^4 \pi \cos \gamma (1 - 3 \cos^2 \gamma + 2 \cos^3 \gamma)}{2(R+R_0) \cdot 3 \sin^4 \gamma}. \quad (7)$$

В зоне  $\Gamma$  (взаимодействия двух нитей) при затягивании петли происходит сгибание нити, при этом нити двух петель скользят, взаимно обогнув друг друга, с постоянно усиливающимся прижатием, что также заметно увеличивает натяжение. Натяжение от перегиба нити в этой зоне можно рассчитать по формуле

$$P_{\Gamma}'' \approx T e^{\mu_f \alpha} \approx \mu_f \frac{\pi d^3}{l} \left[ P_{B(B)} + \frac{E R_0^4 \pi \cos \gamma (1 - 3 \cos^2 \gamma + 2 \cos^3 \gamma)}{2(R + R_0) \cdot 3 \sin^4 \gamma} \right] \cdot e^{\mu_f \alpha}. \quad (8)$$

При растяжении нити во всех рассматриваемых зонах в ней возникают внутренние напряжения  $F_{\lambda}$ , связанные с удлинением  $\lambda$  [4]:

$$F_{\lambda} = \frac{7,95 E \pi \rho R_0^2}{\alpha_T^2} (\lambda - 1)^2 (\lambda + 2), \quad (9)$$

где  $\beta$  – угол крутки пряжи;  $\alpha_T$  – коэффициент крутки пряжи,  $\gamma_{\rho}$  – объемная плотность нити, г/см<sup>3</sup>;  $\rho$  – объемная плотность нити, кг/м<sup>3</sup>.

#### Выводы

1. Суммируя данные расчетов по формулам (1), (5), (8) и (10), можно определять общее натяжение нити и подбирать прочность пряжи в соответствии с ним. Кроме этого, определив общее натяжение всех нитей основы на машине, можно оптимизировать вращающий момент на оттяжном валу.

2. Технология тамбурного петлеобразования позволяет вырабатывать трикотажное полотно из низкосортного волокнистого сырья.

#### Список использованных источников

1. Далидович, А.С. Основы теории вязания. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 432 с.
2. Крутикова, В.Р. Имитационно-статистическое моделирование процесса вязания [Текст] / В.Р. Крутикова // Knits round the clock: сборник материалов 44-го межд. конгресса по технологии трикотажа (IFKT). – СПб: СПГУТД, 2008.
3. Щербаков, В.П. Прикладная механика нити: учебное пособие / В.П. Щербаков. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001. – 301 с.
4. Черноус, Д.А. Прогнозирование эффективных механических характеристик трикотажа / Д.А. Черноус, С.В. Шилько, А.В. Чарковский // Физическая мезомеханика т. 11. – 2008. – №4. – С. 107-114.