

КРИТЕРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ НИТЕЙ В ТРИКОТАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Науменко А.А.

Определим технологическую надежность нити [1] в трикотажном производстве как сложное качество, отражающее ее способность к вязанию. Она определяется некоторой группой параметров. По вопросу о конкретном составе такой группы единой точки зрения как у исследователей, так и у практиков не выработано. Однако ясно, что в нее должны входить достаточно общие величины, характеризующие не только нить, но и режим ее переработки. Покажем, что такие величины могут быть представлены в форме безразмерных критериев, образованных комбинациями исходных размерных показателей. Введем в качестве исходных следующие показатели:

Таблица 1

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерн. в системе МЛθF	Формула размерности
1.	Число ситуаций на единицу длины нити, в котор. образуются отходы	ψ	1/м	L^{-1}
2.	Разрывная нагрузка	P	H	F
3.	Удельная работа разрыва	r	H*м/кг	FLM^{-2}
4.	Скорость движения нити	V	м/с	$L\theta^{-1}$
5.	Линейная плотность нити	T	кг/м	ML^{-1}
6.	Время релаксации	τ	с	θ
7.	Время действия силы	t	с	θ
8.	Входное натяжение нити	P'	H	F
9.	Натяжение нити в зоне вязания	P''	H	F
10.	Скорость образования отходов	q	кг/с	$M\theta^{-1}$

Здесь использованы такие обозначения основных единиц измерения в принятой системе единиц: М- единица массы, кг; L- единица длины, м; θ - единица времени, с; F- единица силы, Н.

Для исследования связи между величинами, входящими в представленную группу, используем анализ размерностей [2].

Выберем в качестве зависимой переменной величину ψ и введем функцию:

$$\psi = f(P, r, V, T, \tau, t, P', P'', q) \quad (1)$$

В соответствии с техникой проведения анализа размерностей построим такую форму:

$$\psi = f[r^a, V^b, T^c, \tau^d, t^e, (P')^h, (P'')^i, q^k] \quad (2)$$

где a, b, c, d, e, g, h, i, k - некоторые безразмерные показатели степеней. Для определения их заменим в (2) обозначения величин соответствующими формулами размерностей, взятыми из табл.1:

$$L^{-1} = \varphi[r^a, (FLM^{-2})^b, (L\theta^{-1})^c, (ML^{-1})^d, \theta^e, \theta^g, F^h, F^i, (M\theta^{-1})^k] \quad (3)$$

Для того, чтобы соотношение (3) было однородным относительно размерностей, должны выполняться следующие соотношения между показателями степеней: для единицы массы М: $0 = -b + d + k$; для единицы длины L: $-1 = b + c - d$; для единицы силы F: $0 = a + b + h + i$.

В итоге имеем систему из 4-х уравнений с 9-ю неизвестными. Выразим величины d, q, i, k через остальные пять a, b, c, e, h . Тогда:

$$d=1+b+c; \quad i=-a-b-h; \quad k=-1-c; \quad q=-1-e.$$

Подставляем значения показателей d, q, i, k в формулу (2):

$$\psi = f[r^a, r^b, v^c, T^{1+b+c}, \tau^e, t^{-1-e}, (P')^h, (P'')^{-a-b-h}, g^{-1-c}]$$

Объединим величины, имеющие одинаковые показатели степеней:

$$\psi q t / T = f[(P/P'')^a, (rT/P'')^b, (\sqrt{T}/g)^c, (P'/P'')^h, (\tau/t)^e] \quad (4)$$

Соотношение (4) содержит шесть безразмерных комбинаций величин, включенных в анализ. Введем унифицированные обозначения этих комбинаций K_1 ($i=1, 2, \dots, 6$) и перепишем соотношение (4) в виде

$$K_1 = f[K_2, K_3, K_4, K_5, K_6] \quad (5)$$

Установим физический и технологический смысл каждой из них.

Рассмотрим левую часть соотношения (5). Числитель стоящей здесь комбинации K_1 , представляет собой произведение величин, характеризующих процесс образования отходов как временной поток. При этом произведение qt имеет размерность кг и есть не что иное как масса отходов. Вобщем случае, исходя из баланса массы, можно утверждать, что как бы не изменялись величины ψ, q, t произведение их, имеющие размерность линейной плотности, не может превзойти величины линейной плотности нити T , так как лишь сама нить, ее масса является источником потока отходов. Отсюда вытекает, что величину ψqt можно рассматривать в качестве условной линейной плотности потока отходов. При $K_1=0$ отходы отсутствуют. В предельном случае, когда $K_1=1$, условная плотность потока отходов совпадает с линейной плотностью нити, что соответствует "превращению" всего входного продукта - нити - в отходы. Проанализируем теперь комбинации в правой части (5).

Безразмерная комбинация K_2 представляет собой (при показателе степени $a < 0$) отношение натяжения нити в зоне петлеобразования к разрывной нагрузке нити, отображая тем самым величину этого натяжения на фоне прочности нити. Иными словами, K_2 есть критерий запаса прочности нити в цикле петлеобразования. $K_2 \leq 1$ всегда, так как при $K_2 > 1$ вязание осуществляться не может ввиду того, что прочность нити должна быть не ниже нагрузок на нить при вязании. А это значит, что критерий K_2 нормирован физически.

Для анализа безразмерной комбинации K_3 представим ее в следующем виде (для случая $b < 0$): $K_3 = P''/T/g$.

Отношение P''/T есть удельная нагрузка на нить, линейная плотность которой равна T . Размерность этой величины такая же, как и удельной работы разрыва g . Кроме того, нетрудно показать, что $g = P\eta(1+\epsilon)/T$, где η - коэффициент полноты диаграммы растяжения, ϵ - относительное разрывное удлинение. Поэтому величину P''/T можно рассматривать как меру той части энергии связей элементов нити, которая расходуется на поддержание целостности нити в процессе вязания. Исходя из такой трактовки комплекса величин K_3 , можно заключить, что K_3 - это критерий запаса энергии связей элементов нити в процессе вязания или критерий энергетического уровня напряженно-деформированного состояния нити в период вязания. Очевидно, что энергетическая отдача нити не может превышать той полной энергии связей ее элементов, которая определяется величиной удельной работы разрыва. Так как $P'' < P\eta(1+\epsilon)$, то и K_3 нормирован физически.

Комплекс K_4 при $c < 0$ будет иметь вид: $K_4 = q/T/V$. Величина q/T - это удельная скорость образования отходов. Размерность величины q/T - м/с. Следовательно, K_4 есть отношение двух скоростей: удельной скорости образования отходов и скорости поступления нити в зону вязания. Совершенно очевидно, что

удельная скорость образования отходов, выраженная в м/сек, не может превысить скорости поступления нити в зону вязания, то есть туда, где она может превратиться в отходы. Таким образом, этот критерий нормирован технологически, то есть: $0 \leq K_4 \leq 1$.

С другой стороны: $V=dL/dt$, где L - длина урабатываемой нити; t - время. Теперь можно написать, что $K_4=qdt/TdL$. Произведение qdt имеет размерность массы и действительно является массой отходов, образовавшихся за время dt . Произведение TdL также имеет размерность массы и представляет собой массу участка нити длиной dL , уработанной за время dt . Поэтому критерий K_4 с полным основанием можно интерпретировать как долю отходов нити, возникающих при вязании. В свою очередь доля может рассматриваться в качестве оценки вероятности появления отходов. Поэтому K_4 - это критерий, являющийся мерой вероятности превращения в отходы единицы длины нити с линейной плотностью T .

Безразмерная комбинация K_5 при $h < 0$ является коэффициентом тангенциального сопротивления движению нити по петлеобразующим деталям. Для него справедливо следующее двухстороннее неравенство: $0 \leq P'/P'' \leq 1$, так как $P' \leq P''$ всегда. Очевидно, что чем ближе P'' к P' , т.е. чем ближе P'/P'' к единице, тем слабее влияние фрикционных свойств нити на напряженно-деформированное состояние ее в процессе вязания. Поэтому K_5 есть критерий влияния всех тех факторов, действие которых приводит к появлению разности натяжений входной и выходной ветвей нити при ее перемещении по рабочим кромкам петлеобразующих деталей. К ним относятся и фрикционные свойства нити, и ее жесткость на изгиб, и неровнота и другие. Иначе говоря, K_5 в "свернутом" виде отражает действие как "видимых", так и "невидимых" факторов.

Шестая безразмерная комбинация K_6 представляет собой известный критерий Деборн [3]. Он учитывает существование у текстильной нити вязкоупругих свойств и влияние их на ее способность к технологической переработке. С точки зрения технологии интерес представляют лишь значения времени релаксации, не превышающие продолжительности цикла петлеобразования. Тогда критерий K_6 также оказывается нормированным технологически, то есть: $0 \leq K_6 \leq 1$.

Таким образом, анализ исходной группы показателей приводит к выводу о существовании комплексных безразмерных величин, имеющих характер критериев, определяющих технологическую надежность нитей. При этом факторы, входящие в каждый критерий, могут изменяться, в то время как сам он может оставаться неизменным. А это означает, что факторы влияют лишь тогда и в той мере, когда и в какой мере их изменение приводит к изменению соответствующего критерия. Следовательно, не только факторы сами по себе, а еще и определенные соотношения между ними в форме их безразмерных комбинаций составляют ту причинно-следственную картину лишь на фоне которой и возможна адекватная оценка способности нити к переработке в трикотажном производстве.

Литература:

1. Матуконис А.В. Изучение свойств текстильных материалов с учетом их высокопроизводительной переработки. //Текстильная пром-ть. 1985, N 9.
2. Пенк Х. Теория инженерного эксперимента. - М.: Мир, 1971.
3. Кулезнев В.И., Шершнев В.А. Химия и физика полимеров. - М.:Высшая школа, 1968.