

УДК 677.052.2

**К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ СИЛЫ ПРИЖИМА
ЛОПАТКИ ЛАПКИ РОГУЛЬКИ К НАМОТКЕ
НА ВЕЛИЧИНУ НАМОТОЧНОГО НАТЯЖЕНИЯ РОВНИЦЫ**

А.П. СОРКИН

(Костромской государственный технологический университет)

В [1] показано, что сила трения лопатки лапки рогульки о наматываемый виток, вызванная силой прижима к нему последней, не влияет на величину T_n намоточного натяжения, то есть натяжения, которое имеет виток ровницы, укладываемый лопаткой лапки на контактный радиус r_k

(рис.1). Вместе с тем практика показывает – сила прижима лапки существенно сказывается на плотности намотки ровницы на катушку, а это не может происходить без изменения натяжения наматываемого витка.

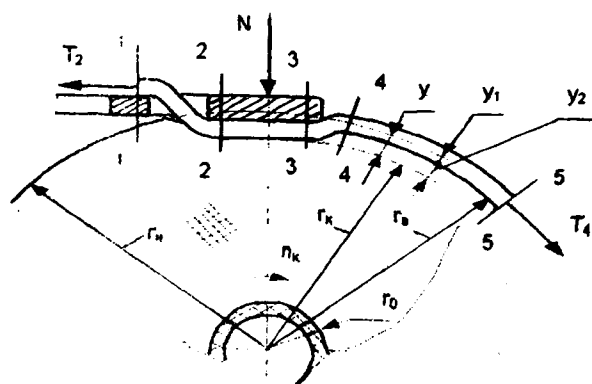


Рис. 1

В связи с этим предположим, что прижим лапки влияет на величину T_4 натяжения витков в наружном слое намотки, а через нее — на остаточное натяжение T_{oc} витков в других слоях намотки, от которого, как известно [2], зависит распределение плотности по сечениям паковки.

Выявим причины изменения натяжения T_4 при изменении силы прижима лапки.

Относительную деформацию продукта при наматывании его на ровничной машине представим в виде

$$\varepsilon = (\Pi n_0 - V_b k_y) / V_b k_y = (\Pi n_0 / V_b k_y) - 1, \quad (1)$$

где Π — периметр наматываемого витка; V_b — скорость выпуска мычки вытяжным прибором; k_y — коэффициент укрутки ровницы; $n_0 = n_k - n_p$ — число витков, укладываемых в единицу времени (здесь n_k и n_p — частоты вращения катушки и рогульки соответственно).

Угол подъема витков не учитываем вследствие его малости.

Из (1) видно, что относительная деформация наматываемого продукта (ровницы), а следовательно и определяемая ею величина его натяжения, при прочих равных условиях зависит лишь от соотношения скоростей выпуска и намотки. Причем это соотношение из условия обеспечения постоянства натяжения продукта при намотке должно быть постоянным для данной заправки машины.

В [1] рассмотрено воздействие лапки на наматываемый виток до сечения 3 — 3. Отрезок витка между сечениями 3 — 3 и 4 — 4 весьма мал и будем считать его переходным.

Рассмотрим отрезок, ограниченный сечениями 4 — 4 и 5 — 5, уложенный на поверхность намотки и находящийся в равновесии под действием собственного натяжения и реакции основания (тела намотки). При анализе напряженного состояния витка и тела намотки делаем следующие допущения.

1. Ровницу в теле намотки считаем сплошной анизотропной средой. Такое допущение, как показано в [3], возможно для паковок, имеющих большое число витков с малой относительной толщиной каждого.

2. Деформацию ровницы и тела намотки считаем упругой. Такое допущение для ровницы правомерно, так как при деформации за пределами упругости появляется скрытая вытяжка, что при намотке недопустимо.

В [4] показано, что при малых деформациях ровницы можно считать ее реологическое уравнение приближающимся к закону Гука. Допущение в отношении тела намотки принято на основании того, что по данным [5] в области малых давлений и плотности продукта (близких к давлению лапки порядка 0,02...3 МПа и плотности намотки ровницы 0,2...0,5 г/см², имеющим место в реальных условиях) наблюдается максимальное значение упругой деформации.

3. Процесс релаксации напряжений в витке не учитываем, поскольку напряженное состояние витка и тела намотки рассматривается лишь в течение времени намотки одного витка, а оно (в зависимости от диаметра наматывания и частоты вращения катушки) составляет всего лишь 0,3...1,5 с и за такое короткое время существенная релаксация напряжений произойти не может.

4. Толщиной витка ввиду ее малости по сравнению с радиусом намотки пренебрегаем.

5. Процесс намотки рассматриваем в статике, без учета воздействия на него центробежных сил инерции.

Следует отметить, что использование линейной зависимости между напряжением и деформацией в наматываемом материале при рассмотрении процесса намотки с учетом воздействия на него силы прижима лапки рогульки является лишь первым приближением, однако такой подход позволяет выявить и исследовать основные особенности этого процесса.

Рассмотрим условия намотки витка ровницы, в результате которых его отрезок, ограниченный сечениями 4 – 4 и 5 – 5 (рис. 1), оказался в равновесии.

Предположим, что паковка к моменту укладки рассматриваемого витка имеет n слоев и r_n – наружный радиус n -го слоя. Под действием силы прижима лапки N намотка в месте контакта ее с лапкой деформируется, в результате чего виток укладывается на меньший – контактный радиус r_k .

Как показано в [1], в зоне контакта лапки с намоткой скольжение витка по ее поверхности отсутствует и виток укладывается со своим натяжением T_3 и относительной ϵ деформацией, определяемой кинематикой машины и вычисляемой по формуле (1). При этом периметр Π витка определяется как

$$\Pi = 2\pi r_k, \quad (2)$$

После смещения лапки наружный радиус n -го слоя за лапкой за счет сил упругости тела намотки увеличивается и становится равным r_b .

В [2] при анализе процесса взаимодействия фрикциона с телом намотки принимается, что величина восстановления радиуса $u = r_b - r_k$ зависит лишь от вязкоупругих свойств тела намотки, и вводится параметр ν , учитывающий эти свойства. По нашему мнению, величину восстановления радиуса можно считать зависящей лишь от свойств тела намотки только на той части элемента тела намотки, которая, будучи освобождена от воздействия прижима лапки после ее схода, не будет покрыта наматываемым витком. Там же, где

виток ляжет, величина радиуса r_b будет определяться из условия равновесия при взаимодействии сил упругости элемента тела намотки, освобожденного от действия лапки лапки, и сил продольной упругости витка ровницы, получающего дополнительную деформацию ϵ_p , а следовательно, и дополнительное натяжение ΔT при переходе от намотки с радиусом r_k к намотке с радиусом r_b .

При равновесном состоянии тела намотки радиуса r_b , которое и имеется в виду, давление q_p со стороны наматываемого витка ровницы уравнивается реакцией q_0 от сил упругости нижележащих слоев:

$$q_0 = q_p. \quad (3)$$

Давление витка, передаваемое на единицу поверхности тела намотки, по А.П. Минакову [6] (без учета угла подъема витка из-за его малости):

$$q_p = T_4 / r_b b, \quad (4)$$

где b – ширина витка ровницы по оси паковки.

Величину натяжения ровницы в наружном слое намотки $T_{сл} = T_4$ при деформации в пределах закона Гука представим в виде

$$T_4 = E_p F_p \epsilon_p. \quad (5)$$

где E_p – модуль упругости ровницы при растяжении; F_p – площадь поперечного сечения ровницы.

Ввиду сложности определения эффективной площади сечения ровницы при дальнейшем анализе будем использовать величину жесткости ровницы при продольной деформации $G_p = E_p F_p$, значение которой можно определить экспериментально.

Тогда выражение (5) примет вид

$$T_4 = G_p \epsilon_p. \quad (6)$$

Подставив (6) в (4), получим

$$q_p = G_p \varepsilon_p / r_b b. \quad (7)$$

Реакцию тела наматывания на виток ровницы при принятых допущениях определим из выражения

$$q_0 = E_n \varepsilon_n, \quad (8)$$

где E_n – модуль упругости тела намотки; ε_n – относительная деформация тела намотки.

Подставив значения q_p и q_0 из (7) и (8) в (3), имеем

$$E_n \varepsilon_n - G_p \varepsilon_p / r_b b = 0. \quad (9)$$

Определим относительные деформации ε_n паковки и витка ε_p ровницы. Из рис.1 следует, что от прижима лапки тело намотки вначале получает абсолютную радиальную деформацию y , которая запишется в виде

$$y = r_n - r_k. \quad (10)$$

После смещения лапки радиальный размер за счет упругости тела намотки увеличивается на величину y_2 и становится равным r_b . Остаточная абсолютная деформация y_1 тела намотки

$$y_1 = r_n - r_b, \quad (11)$$

а относительная

$$\varepsilon_n = (r_n - r_b) / r_n. \quad (12)$$

Виток ровницы, имеющий относительную деформацию ε , натяжение T_3 и уложенный на контактный радиус r_k , переходит на радиус r_b . Приращение радиуса витка при этом

$$y_2 = r_b - r_k, \quad (13)$$

а его относительная деформация

$$\varepsilon_1 = (2\pi r_b - 2\pi r_k) / 2\pi r_b = (r_b - r_k) / r_b. \quad (14)$$

В результате полная относительная деформация ε_p витка ровницы, уложенного в

наружный слой намотки и оказавшегося на радиусе r_b , равняется

$$\varepsilon_p = \varepsilon_1 + \varepsilon, \quad (15)$$

причем ε можно рассчитать по (1) или, для удобства анализа, представить в виде

$$\varepsilon = T_3 / G_p. \quad (16)$$

Подставляя (14) и (16) в (15), а затем (15) в (6), получаем выражение для определения натяжения $T_{сл} = T_4$ в наружном слое намотки:

$$T_4 = T_3 + G_p (r_b - r_k) / r_b. \quad (17)$$

Второе слагаемое в правой части уравнения (17) характеризует величину дополнительного натяжения ΔT , которое приобретает виток ровницы на теле намотки за счет восстановления радиуса наматывания с r_k до r_b .

Значение контактного радиуса r_k в зависимости от силы прижима лапки и конкретных размеров ее лопатки можно определить экспериментально или расчетным путем, а значение радиуса r_b – из уравнения (3). Однако данное уравнение, как отмечалось выше, записано для условий статики. В реальных условиях намотки на наматываемый виток наряду с учтенными будут действовать еще и центробежные силы инерции, которые уменьшают давление q_p укладываемого витка на нижележащие на величину $q_{ц}$.

С учетом этого обстоятельства уравнение равновесия витка (3) примет вид

$$q_0 - (q_p - q_{ц}) = 0. \quad (18)$$

Выражение для $q_{ц}$ запишем в виде

$$q_{ц} = 4\pi^2 n_k r_b^2 m / b, \quad (19)$$

где m – масса единицы длины ровницы.

После подстановки в (18) значений входящих в него членов значение радиуса r_b при известных G_p , E_n , n_k , r_n , r_k и T_3 можно найти численными методами.

ВЫВОДЫ

1. Вскрыт механизм влияния силы прижима лапки рогульки на натяжение витка на теле намотки.

2. Получено выражение для расчета дополнительного натяжения, приобретаемого наматываемым витком ровницы, вследствие действия силы прижима лапки рогульки к телу намотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соркин А.П., Бабаджанов С.Х // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №1. С.27...30.

2. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982.

3. Степанов В.А. Теоретические и экспериментальные исследования формирования текстильных паковок и разработка методов их расчета: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, 1978.

4. Walther E.H. // Textilbetrieb. – №1,2 1982. P.25...32.

5. Балясов П.Д. Сжатие текстильных волокон в массе и технология текстильного производства. – М.: Легкая индустрия, 1975.

6. Минаков А.П. Основы механики нити / В сб.: Научн-исслед. тр. МТИ. –М., 1941, т. IX, вып. I. С.1...88.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 20.06.00.