

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНОГО РАДИУСА НАМАТЫВАНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛАПОК РОГУЛЕК С ТЕЛОМ НАМОТКИ

А.П. СОРКИН

(Костромской государственной технологической университет)

В [1] показано, что натяжение ровницы в наружном витке слоя намотки зависит от величины контактного радиуса r_k , то есть радиуса, который имеет тело намотки в месте контакта его с лапкой рогульки. Значение этого радиуса определяется силой N прижима лапки к телу намотки и его деформационными свойствами. Для заданного радиуса r_n n -го наружного слоя намотки значение радиуса r_k можно найти из выражения

$$r_k = r_n - y, \quad (1)$$

где y – абсолютная радиальная деформация тела намотки от прижима к нему лапки.

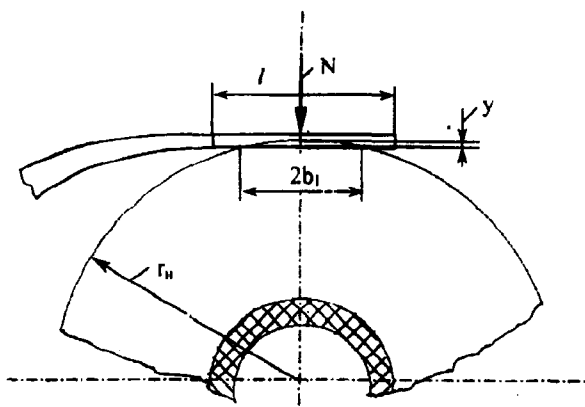


Рис. 1

Определение величины деформации y тела намотки при взаимодействии его с лопаткой лапки осложняет то обстоятельство, что площадь контакта лопатки лапки с телом намотки меняется в зависимости

от радиуса наматывания. Сначала лопатка соприкасается с намоткой частью своей поверхности (рис. 1). По мере увеличения радиуса наматывания поверхность соприкосновения увеличивается и в какой-то момент лопатка начинает взаимодействовать с намоткой, вдавливаясь в нее всей своей площадью. Поэтому величину деформации тела намотки y будем определять двумя методами:

– а) до тех пор, пока длина полоски контакта $2b_1$ (рис. 1) не станет равна длине лапки l – решением задачи теории упругости о соприкосновении двух изотропных тел – цилиндра радиуса r_n и плоскости;

– б) с момента установления равенства $2b_1 = l$ – решением задачи теории упругости о взаимодействии штампа, площадью $S = al$, с цилиндрическим телом радиуса r_n (a – ширина лопатки лапки).

Решение указанных задач проведем при допущении об однородности и изотропности контактирующих тел, линейной зависимости деформации тела намотки от нагрузки. Силы трения в зоне контакта тел также не учитываем.

Для случая а) значение $y_{(a)}$ из геометрических соображений (рис.1) представим в виде

$$y_{(a)} = r_n - \sqrt{r_n^2 - b_1^2}. \quad (2)$$

Разложив в ряд по степеням малого параметра b_1 подкоренное выражение и пренебрегая в разложении малыми четвертого порядка и выше, получим

$$y(a) = b_1^2 / 2r_n$$

Полуширину полосы контакта b_1 найдем из выражения [2]:

$$b_1 = 1,128 \sqrt{N \eta r_n / a} \quad (4)$$

где η – параметр упругости материалов соприкасающихся тел (лопатки лапки и тела намотки):

$$\eta = (1 - \mu_{л}^2) / E_{л} + (1 - \mu_{п}^2) / E_{п} \quad (5)$$

Здесь $E_{п}$ и $\mu_{п}$ – модуль упругости и коэффициент поперечной деформации поверхностных слоев намотки радиуса r_n ; $E_{л}$ и $\mu_{л}$ – модуль упругости и коэффициент Пуассона материала лопатки лапки.

Поскольку модуль упругости материала лапки (сталь) на несколько порядков больше модуля упругости тела намотки паковки $E_{п}$, пренебрежем первым слагаемым правой части уравнения (5), тогда последнее примет вид

$$\eta = (1 - \mu_{п}^2) / E_{п} \quad (6)$$

Подставив в (3) значение b_1 из (4), с учетом (6) будем иметь

$$y(a) = 0,636 N (1 - \mu_{п}^2) / a E_{п} \quad (7)$$

Значение радиуса наматывания r'_n , после достижения которого лопатка лапки будет вдавливать в тело намотки всей поверхностью, определится из (4) при $b_1 = 0,5l$ в виде

$$r'_n = l^2 a E_{п} / 5,088 N (1 - \mu_{п}^2) \quad (8)$$

Для случая б), то есть вдавливания лопатки в тело намотки после достижения им радиуса наматывания r'_n , значение деформации $y_{(б)}$ найдем с помощью выражения [2]:

$$y_{(б)} = 0,318 N r_n (1 - \mu_{п}^2) / a E_{п} \quad (9)$$

Сопоставление результатов расчета по выражениям (7) и (9) деформации у тела намотки под действием силы прижима лапки N с экспериментальными данными, приведенными в [3] (для ровницы из хлопка, одинаковых N , r_n , при $E_{п} = f(r_n)$ по [1] и $\mu = 0,4$), показывает, что отклонение расчетных значений от экспериментальных не превышает 5%, что свидетельствует о правомерности принятых допущений и дает возможность использовать полученные зависимости для расчета приращения натяжения ровницы ΔT в наружном слое намотки, вызванного прижимом лапки.

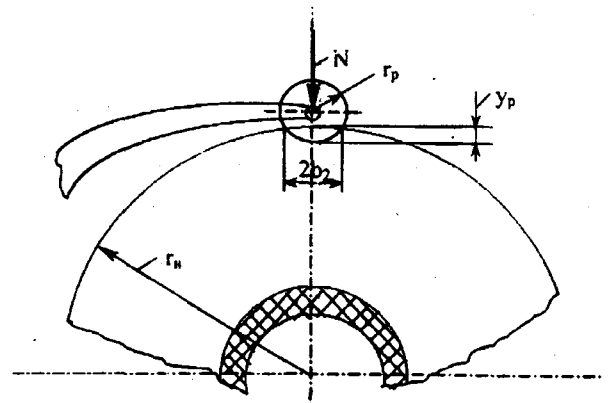


Рис. 2

Для рогульки типа Fransbach, у которой с телом намотки взаимодействует вращающийся ролик радиуса r_p , укрепленный на конце лапки, при определении деформации y_p воспользуемся выражением, полученным для контакта паковки с фрикционным цилиндром [4] при вышеназванных допущениях:

$$y_p = b_2^2 / 2 r_{пp} \quad (10)$$

где b_2 – половина ширины полосы контакта между роликом и телом намотки (рис. 2); $r_{пp}$ – приведенный радиус ролика и тела намотки:

$$r_{\text{пр}} = r_{\text{р}} r_{\text{н}} / (r_{\text{н}} + r_{\text{р}}). \quad (11)$$

Полуширину полосы контакта определим из выражения [3]:

$$b_2 = 1,128 \sqrt{N \eta r_{\text{пр}} / a_1}, \quad (12)$$

где a_1 – ширина ролика.

Поскольку ролик изготавливается из стали, то значение η , так же как и для плоской лапки, можно найти из выражения (6). Тогда после подстановки значения b_2 из (12) в (10) с учетом (6) получим

$$y_{\text{р}} = 0,636 N (1 - \mu_{\text{п}}^2) / a_1 E_{\text{п}}. \quad (13)$$

Рассмотрим соотношение между деформацией $y_{\text{р}}$ тела намотки при использовании лапки с роликом и деформацией, y в случае применения обычной лапки с плоской лопаткой. Так как при обычных условиях заправки ровничной машины лапка начинает вдавливаясь в тело намотки всей поверхностью лишь при радиусе наматывания более 50 мм, то до этого его значения деформацию $y_{(a)}$ будем определять по выражению (7). При радиусе более 50 мм – деформацию $y_{(б)}$ по выражению (9). Таким образом, необходимо найти соотношение $y_{\text{р}} / y_{(a)}$ и $y_{\text{р}} / y_{(б)}$.

При реальных размерах лапки ($a=16$ м, $l=25$ мм), ролика ($a_1=8$ мм) и одинаковых силе прижима лапки N и параметрах наматываемой паковки $\mu_{\text{п}}$ и $E_{\text{п}}$, указанные соотношения примут вид

$$y_{\text{р}} / y_{(a)} = a / a_1 = 2; \quad (14)$$

$$y_{\text{р}} / y_{(б)} = 2a / a_1 r_{\text{н}} = 0,056 / r_{\text{н}}. \quad (15)$$

Из (14) и (15) видно, что деформация тела намотки при применении лапки рогульки с роликом оказывается большей, чем при обычной лапке с плоской лопаткой, во всем диапазоне изменения радиуса наматывания $r_{\text{н}}$, который на современных ровничных машинах составляет от 20 до

90 мм (на отечественных от 20,5 до 75,5 мм). При этом до $r_{\text{н}}=50$ мм соотношение деформаций, вызываемых прижимом лапок как с лопаткой, так и с роликом, остается неизменным, а с ростом радиуса наматывания выше названного значения постепенно уменьшается.

В силу того, что между деформацией тела намотки и контактным радиусом имеется прямая зависимость, а уменьшение последнего сказывается на возрастании дополнительного натяжения ΔT , приобретаемого витком наружного слоя намотки, от чего, в свою очередь, зависит плотность наматывания паковки, то становятся понятными причины повышения плотности намотки ровницы при использовании рогулек, оснащенных лапками с вращающимся роликом, о чем свидетельствуют результаты экспериментов, приведенные в [5].

ВЫВОДЫ

Разработана методика аналитического определения значения контактного радиуса наматывания при взаимодействии лапок рогулек разных типов с телом намотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соркин А.П. Нестационарные процессы наматывания ровницы и повышение эффективности крутильно-мотальных механизмов ровничных машин: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, 1988.
2. Рекач В.Г. Руководство к решению задач по теории упругости. – М.: Высшая школа, 1966.
3. Соркин А.П., Бабаджанов С.Х., Сабитов С.В. Экспериментальное исследование деформации ровничной паковки при взаимодействии с лапкой рогульки. Депонирована в ЦНИИТЭИлегпищемаш 18.11.85. деп. №570 мл-Д85
4. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982.
5. Hauser Richard. // Melliand Ttextilber – 1961, №4, 42. P.373...374.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 13.11.00.