контакта тела с опорной поверхностью. При снятии или уменьшении нагрузок при движении тела человека поры за счет упругости материала снова наполняются воздухом. Кроме этого, за счет движения воздуха внутрь пор происходит удаление влаги от тела человека в пределах опорной поверхности.

При сжатии пористого материала постоянно происходит изменение площади и формы его свободной поверхности, а также размера пор. Состояние свободной поверхности определяет параметры фильтрации, т.е. скорость и расход воздуха на границе пористого тела. Размер пор, как функция сжатия, влияет на воздухопроницаемость пористого тела. При этом более сжатыми и менее проницаемыми являются верхние слои, непосредственно воспринимающие нагрузку.

Определить параметры фильтрации можно, связав деформацию пористого тела с размерами пор и воздухопроницаемостью, а его упругую реакцию на сжатие с объемными силами, вызывающими перепад давления в пределах пористого тела и движение воздуха. Скорости узловых перемещений для образца пористого материала определялись экспериментально. Для этого образец сжимался грузом заданного веса на специальном стенде. Динамика сжатия фиксировалась скоростной съемкой на цифровую фотокамеру. За определенное время была сделана серия снимков с шагом Δt. Затем, в графическом редакторе Photoshop на снимок наносилась координатная сетка, и при большом увеличении определялись координаты и скорости узловых перемещений с учетом Δt. Эти скорости можно связать с перепадом давления, используя закон Дарси.

Далее, эти данные распределения эксплуатационных деформационных нагрузок были систематизированы для последующего их учета при проектировании разноусиленных зон в основовязаном тамбурном трикотажном полотне.

УДК 620.1.08

О ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ РАДИУСА ПРИ НАМОТКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ ПАКОВКУ

Н.А. Демидов, аспирант, Н.А. Кулида, первый проректор,
ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная текстильная академия»,
г. Иваново, Российская Федерация

Намотка нитей на цилиндрическую текстильную паковку осуществляется на многих переходах текстильного производства, в частности в партионном сновании. Аналогичный процесс применяется в других отраслях, например, при наматывании бумаги, проката, пленки и т.п. в рулон. При математическом описании процесса наматывания использовались закономерности изменения радиуса паковки от угла ее поворота или длины наматываемых нитей, в которых намотка представлялась телом с не изменяющимися вдоль образующей свойствами. В этом случае описание сводилось к построению двумерной модели сечения цилиндрической намотки.

От угла поворота в двумерном представлении чаще всего указанные закономерности представлялись спиралью Архимеда [1, 2], реже – так называемыми концентрическими окружностями [3], при этом, рассматривая возможность применения различных спиралей для математического описания, утверждалось, что спираль Архимеда единственная кривая, для которой "…разность радиусов предыдущего и последующего витков …есть величина постоянная, не зависящая от номера витка" [1], и на этом основании делался вывод, что ее можно использовать для представления зависимости радиуса намотки от угла поворота или длины наматываемых нитей. Однако при непрерывном изменении угла поворота φ радиус намотки r в спирали Архимеда увеличивается от r_0 (начальный радиус паковки) до $r(\varphi)$ в соответствии с закономерностью $r(\varphi)=r_0+a\varphi$ (где a – коэффициент толщины слоя), при этом радиус непрерывно растет не только при повороте паковки на угол 2π, но и в пределах одного ее оборота. Последнее должно свидетельствовать о различии в радиусе намотки в диаметрально противоположных точках, что противоречит требованию цилиндрической формы паковки.

При представлении сечения намотки в виде концентрических окружностей нами предлагается использовать функцию $r(\varphi)=r_0+aInt(\varphi/2\pi)$, где $Int(\varphi/2\pi)$ – целая часть отношения $\varphi/2\pi$. В соответствии с такой моделью радиус намотки остается неизменным в пределах одного оборота паковки, т.е. при $2\pi i\geq\varphi>2\pi(i-1)$, и возрастает скачком при $\varphi=2\pi i$, где $i=\overline{1,n}$.

Рассмотренные геометрические представления сечения тела намотки далее могут использоваться для вычисления важнейших параметров процесса – плотности намотки, длины наматываемых нитей, напряженного состояния тела намотки и др. Оценим точность вычисления длины и плотности намотки при использовании двух рассмотренных моделей.

При описании закономерности изменения радиуса паковки спиралью Архимеда длина намотанных на паковку нитей определяется из выражения

$$L_a=\int_0^{\varphi}\sqrt{r^2(\varphi)+\left[\frac{dr(\varphi)}{d\varphi}\right]^2}\,d\varphi=0,5a\Big[(\varphi+r_0/a)\sqrt{(\varphi+r_0/a)^2+1}+$$

$$+\ln\left(\varphi+r_0/a+\sqrt{(\varphi+r_0/a)^2+1}\right)-(r_0/a)\sqrt{(r_0/a)^2+1}+\ln\left(r_0/a+\sqrt{(r_0/a)^2+1}\right)\Big], \quad (1)$$

а при использовании модели в виде концентрических окружностей по формуле

$$L_k=\varphi r_0+0,5a\varphi\left(\frac{\varphi}{2\pi}+1\right). \quad (2)$$

В партионном сновании при наматывании на вал хлопчатобумажной пряжи невысокой линейной плотности коэффициент а мал, а угол поворота значителен, поэтому $(\varphi+r_0/a)^2$ >>1, $(r_0/a)^2$ >>1 и $\frac{\varphi}{r_0/a}$ << 1. В этом случае длина в соответствии с моделью в виде спирали Архимеда может вычисляться по формуле $L_a=\varphi r_0+0,5a\varphi^2$. Соответственно плотность намотки определяется из выражений:

по спирали Архимеда

$$\gamma=\frac{mT\left(0,5a\varphi^2+\varphi r_0\right)}{10^6\cdot\pi H(r^2-r_0^{\,2})}; \quad (3)$$

по концентрическим окружностям

$$\gamma=\frac{mT\left(\varphi r_0+0,25a\pi^{-1}\varphi^2+0,5a\varphi\right)}{10^6\cdot\pi H(r^2-r_0^{\,2})}, \quad (4)$$

где H – длина образующей паковки, *м*; m – число нитей в намотке; T – линейная плотность нитей, текс.

Формируемая в процессе партионного снования паковка должна отвечать ряду требований, в частности плотность должна оставаться неизменной по радиусу намотки. Обеспечить это требование можно различными путями, например, изменяя натяжение наматываемых нитей. Поскольку контролировать плотность намотки в процессе снования достаточно проблематично, можно на основе кинематических параметров процесса вычислять основные характеристики, т.е. по сути, осуществлять косвенные измерения.

Выражения (3) и (4) позволяют определить закономерности изменения радиуса паковки, обеспечивающие заданную плотность намотки:

для спирали Архимеда

$$\boldsymbol{r_a = \sqrt{r_0^2 + 0{,}5 \cdot 10^{-6} \varphi m T \left(\pi H \gamma\right)^{-1} \left(a\varphi + r_0\right)}};$$

для концентрических окружностей

$$\boldsymbol{r_k = \sqrt{r_0^2 + 10^{-6} \cdot \varphi m T \left(\pi H \gamma\right)^{-1} \left[0{,}5a\left(\varphi/2\pi + 1\right) + r_0\right]}}.$$

Сравнение двух моделей осуществлено при партионном сновании хлопчатобумажной пряжи $\boldsymbol{T}$ = 29 текс на машине СП–180–4 с числом нитей $\boldsymbol{m}$ = 464 и плотностью намотки 492 кг/м^3. Одновременно с измерением радиуса паковки контролировались длина наматываемых нитей и угол поворота паковки. Коэффициенты толщины а слоя вычислялся как среднее значение отношения приращения радиуса намотки к приращению угла поворота, вычисленного для каждого элементарного слоя. В результате сравнения установлено, что ближе к экспериментальным зависимостям длины и плотности от угла поворота паковки находится теоретическая зависимость, представленная моделью в виде концентрических окружностей (максимальное отклонение не превышает 3,7 %), однако при соответствующем выборе коэффициента толщины слоя а, приближение в виде спирали Архимеда также дает удовлетворительный результат. Вместе с тем необходимость уточнения коэффициента толщины слоя указывает на более сложный характер зависимости радиуса паковки от угла ее поворота. Вызвано это тем, что в процессе намотки нижележащие слои подвергаются давлению вышележащих, что вызывает деформацию и перемещение слоев. Поэтому рассмотренное чисто геометрическое представление сечения цилиндрической паковки может рассматриваться только как первое приближение закономерности изменения радиуса намотки при партионном сновании. Для более точного описания необходимо учитывать сложный характер деформации как наматываемых нитей, так и слоя намотки, центробежные силы, возникающие при вращении цилиндрической паковки большой массы и другие. Это позволит на основе измерения кинематических параметров процесса наматывания вычислять давление в теле намотки, остаточные напряжения нитей и др.

Список использованных источников

1. Тягунов, В. А., Сторц Т. П. Математические модели определения длины пряжи на навое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990 – №2. – С. 52 – 54.
2. Кутьин, А. Ю., Кутьин Ю. К. О моделировании процесса формирования паковок рулонного типа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005 – №1. – С. 49 – 53.
3. Ефремов, Е. Д. Характеристики намотки нитей на сновальном валу // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988 – №1. – С. 32 – 35.