

УДК 677.074

**К ВОПРОСУ О ТРЕНИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН
НА ШЕРОХОВАТОМ ЦИЛИНДРЕ****TO THE QUESTION OF THE FRICTION OF TEXTILE FABRICS
ON THE ROUGH CYLINDER***А.А. КРАСНОВ, Р.М. АЛОЯН, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, Г.А. ХОСРОВЯН
A.A. KRASNOV, R.M. ALOYAN, V.N. FEDOSEEV, G.A. KHOSROVYAN*

(Ивановский государственный политехнический университет)
(Ivanovo State Polytechnical University)
E-mail: krasnow.a.a@mail.ru

В работе рассматриваются вопросы определения коэффициентов, характеризующих поверхностные фрикционные свойства текстильных полотен. Предлагается метод определения этих коэффициентов.

The work deals with theoretical aspects of determining coefficients of friction properties of surfaces of textile fabrics. A method is proposed for determination of these coefficients.

Ключевые слова: трение, коэффициенты, цепкость, полотно, ткань, цилиндр, Эйлер.

Keywords: friction, coefficients, tenacity, canvas, cloth, cylinder, Euler.

Известно [1], что поверхностные фрикционные свойства текстильных полотен определяются КТС (коэффициентом тангенциального сопротивления) – f , который есть отношение силы трения к реакции поверхности.

При трении по Амонтону [2] этот параметр есть синоним коэффициента трения – k . При трении по Кулону [2], [3] этот параметр описывается уже двучленной формулой:

$$f = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{\alpha S}{N} + k, \quad (1)$$

в которую, помимо коэффициента трения по Амонтону k , входит приведенный к единице площади коэффициент цепкости α , реакция опоры N и площадь S , по которым соприкасаются трущиеся тела. И если амонтовский коэффициент трения характеризует пару трения – материалы двух трущихся тел, то кулоновский коэффициент тангенциального сопротивления есть характеристика фрикционных свойств двух, определенным образом нагруженных и соприкасающихся, тел, то есть он носит частный характер.

Кроме того, если силы трения описываются в реальности одним законом, а при определении КТС используется иная модель, то в результате получают параметр, который характеризует не пару трения, а параметры экспериментальной установки.

Покажем это на примере определения КТС с помощью метода, предложенного в [1].

Примем следующие допущения. Текстильное полотно есть нерастяжимое, тонкое, абсолютно гибкое тело. Коэффициенты трения и цепкости постоянны по его ширине и длине. Радиус кривизны цилиндрической поверхности – величина постоянная. Сила трения между полотном и поверхностью цилиндра подчиняется закону Кулона (1).

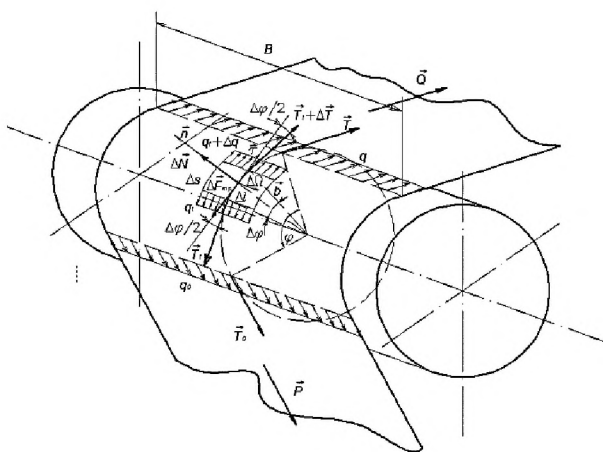


Рис. 1

Тогда, выделяя на поверхности полотна (рис. 1) элементарную площадку $\Delta\Omega$, приводя распределенные силы q , действующие в сечениях полотна на краях выделенной площадки, к равнодействующим и используя выражение (1), получим уравнение, описывающее натяжение ведущей ветви ткани:

$$Q = Pe^{k\varphi} + \frac{\alpha RB}{k}(e^{k\varphi} - 1), \quad (2)$$

где R – радиус цилиндра; B – ширина полотна; Q – натяжение ведущей ветви ткани; P – натяжение ведомой ветви ткани; φ – угол обхвата. Выражение (2) известно; в частности, в [4] оно получено для волокна,

с коэффициентом цепкости α , приведенным к единице длины волокна, при $P=0$.

В [1] КТС определяется по известной формуле Эйлера:

$$Q = Pe^{k\varphi}. \quad (3)$$

Поэтому выражение, описывающее КТС, с учетом (2) и (3) будет выглядеть следующим образом:

$$f = \frac{1}{\varphi} \ln \left(\frac{Q}{P} \right) = \frac{1}{\varphi} \ln \left[e^{k\varphi} + \frac{\alpha RB}{kP}(e^{k\varphi} - 1) \right]. \quad (4)$$

Из (4) видно, что КТС, который определяется способом, предлагаемым в [1], действительно зависит от условий эксперимента – от угла обхвата, от площади контакта полотна с цилиндром и от прикладываемого усилия P , что мы и видим на практике [5]. Экспериментальные кривые в [5] и (4) свидетельствуют о том, что силы сцепления вносят существенный вклад в конечный результат. Поэтому, оставаясь в рамках амонтоно-эйлеровой "идеологии", нельзя рационально выбрать набор параметров эксперимента [1], [5] и распространить его результат за пределы параметров экспериментальной установки.

Отсюда следует вывод о том, что два параметра, характеризующих поверхностные фрикционные свойства текстильных полотен, свести к одному коэффициенту невозможно. И в случае выполнения закона Кулона для трения необходимо определение как коэффициента трения, так и коэффициента цепкости.

Решение задачи определения коэффициентов, характеризующих фрикционные свойства поверхностей текстильных полотен, видится в решении системы из уравнений (2), составленных на основании данных эксперимента, относительно неизвестных k и α :

$$Q_i = P_i e^{k\varphi_i} + \frac{\alpha R_i B_i}{k}(e^{k\varphi_i} - 1), \quad i = 1, 2. \quad (5)$$

Численные эксперименты, во время которых при заданных коэффициентах k и α варьировались остальные параметры сис-

темы (5), вычислялись значения Q_i , а затем решались обратные задачи, показали принципиальную возможность такого подхода к решению поставленной задачи.

В качестве демонстрации предлагаемого метода рассмотрим численный пример. Пусть известно, что тангенциальное взаимодействие ткани и цилиндра описываются законом Кулона, и пусть известны коэффициенты трения и сцепления пары ткань-материал поверхности цилиндра. Для определенности примем их равными: $k = 0,3$, а $\alpha = 1,2 \text{ Н/м}^2$. Также примем ширину экспериментальной полоски ткани $B = 0,1 \text{ м}$, радиус цилиндра $R = 0,2 \text{ м}$, силу натяжения сбегающей ветви ткани $P = 100 \text{ Н}$, а углы обхвата $\varphi_1 = \pi \text{ рад}$, $\varphi_2 = \pi/2 \text{ рад}$. Тогда при проведении эксперимента силы натяжения сбегающей ветви ткани будут определяться уравнениями (2), и должны будут равны: $Q_1(\varphi_1) = 256,759 \text{ Н}$ и $Q_2(\varphi_2) = 160,246 \text{ Н}$.

Определение коэффициентов k и α по известным экспериментальным данным осуществим, записав и решив систему уравнений:

$$\begin{cases} Q_1(\varphi_1) = Pe^{k\varphi_1} + \frac{\alpha RB}{k}(e^{k\varphi_1} - 1), \\ Q_2(\varphi_2) = Pe^{k\varphi_2} + \frac{\alpha RB}{k}(e^{k\varphi_2} - 1). \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы уравнений (6) численными методами приводит к результату: $k = 0,3$, $\alpha = 1,2 \text{ Н/м}^2$.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены вопросы определения фрикционных параметров поверхностей текстильных полотен на шероховатом ци-

линдре. Показаны ограничения применимости полученных результатов при использовании формулы Эйлера. Предложен экспериментально-аналитический метод определения коэффициентов трения и сцепления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронова Л.В., Смирнова Н.А., Флегонтов А.Н. Методика оценки коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1. С.29...32.
2. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А.В.Чичинадзе. – В 3-х т. Т.1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989.
3. Coulomb C.A. Théorie des machines simples. – Paris, 1821.
4. Зотиков В.Е., Будников И.В., Трыков П.П. Основы прядения волокнистых материалов / Под ред. В.Е. Зотикова. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во, 1959.
5. Флегонтов А.Н. Разработка методов оценки и прогнозирования тангенциального сопротивления льяных тканей: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2014.

REFERENCES

1. Voronova L.V., Smirnova N.A., Flegontov A.N. Metodika ocenki kojefficienta tangencial'nogo soprotivlenija tekstil'nyh poloten// Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №1. S.29...32.
2. Spravochnik po tribotekhnike / Pod obshh. red. M. Hebby, A.V.Chichinadze. – V 3-h t. T.1. Teoreticheskie osnovy. – M.: Mashinostroenie, 1989.
3. Coulomb C.A. Théorie des machines simples. – Paris, 1821.
4. Zotikov V.E., Budnikov I.V., Trykov P.P. Osnovy prjadenija voloknistyh materialov / Pod red. V.E. Zotikova. – M.: Gos. nauch.-tehn. izd-vo, 1959.
5. Flegontov A.N. Razrabotka metodov ocenki i prognozirovaniya tangencial'nogo soprotivlenija l'njanyh tkaney: Dis. ... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2014.

Рекомендована кафедрой строительной механики. Поступила 06.02.17.