

УДК 677.054

**МОДЕЛЬ ИЗНАШИВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ  
ТОРМОЗА УТОЧНОЙ НИТИ СТАНКА СТБ  
В ПЕРИОД УСТАНОВИВШЕГОСЯ ИЗНАШИВАНИЯ**

**THE MODEL WEARS STEEL PLATE BRAKE  
THE WEFT YARN OF THE MACHINE STB  
IN PERIOD STEADY-STATE WEAR**

*Е.В. КРИВОШЕЙНА, Г.К. БУКАЛОВ  
E.V. KRIVOSHEINA, G.K. BUKALOV*

**(Костромской государственный университет )  
(Kostroma State University)  
E-mail: lmdepart@kstu.edu.ru**

*При изнашивании стальной пластины тормоза уточной нити ткацкого станка СТБ уточной пряжей наблюдается два периода. Первый период – изнашивание с продольным и поперечным движением уточной нити, и второй*

*период – установившееся изнашивание только с продольным движением нити. Именно в этот период происходит наиболее интенсивный износ стальной пластины тормоза уточной нити. Разработка математической модели изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити в период установившегося изнашивания представляет наибольший интерес, так как именно в это время величина износа достигает предельной величины.*

*When you wear steel plates brake the weft yarn loom STB weft yarn is observed in two periods. First period - wear with longitudinal and transverse movement of the weft yarn and the second period - only the steady-state wear with the longitudinal movement of the thread. It is in this period is the most intensive wear of the steel plate of the brake the weft yarn. Develop a mathematical model of the wear of steel plates brake the weft yarn in period steady-state wear is of greatest interest because it was at this time the amount of wear reaches the limit value.*

**Ключевые слова:** пряжа, нитепроводник, случайное поперечное перемещение, изнашивание.

**Keywords:** yarn, vice provost, accidental transverse displacement, wear.

Ранее [1...4] было показано, что изнашивание стальной пластины тормоза уточной нити ткацкого станка СТБ ведет к повышению обрывности уточной нити. Для борьбы с изнашиванием стальной пластины тормоза уточной нити используют различные методы – производственные и прочие. Для разработки методов повышения износостойкости стальной пластины тормоза уточной нити необходимо создать математические модели процессов ее изнашивания. При изнашивании стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ уточной пряжей наблюдается два периода [5]. Первый период – изнашивание с продольным и поперечным движением уточной нити по пластине, и второй период – изнашивание только с продольным движением нити. Второй период называют периодом установившегося изнашивания. Именно в этот период происходит наиболее интенсивный износ стальной пластины тормоза уточной нити. В период установившегося изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити пряжа движется в канавке износа, следовательно, ширина контакта пряжи со стальной пластиной есть величина постоянная, что используется для разработки модели изнашивания. Стальную пластину тормоза принимаем приближенно абсолютно гибким телом, так как ее толщина –

менее 0,1 мм значительно меньше ее длины 90 мм. При этом полагаем, что пряжа совершает только продольное перемещение.

Рассмотрим контакт стальной пластины тормоза уточной нити с пряжей, огибающей цилиндрический участок ситалловой накладке лапки тормоза (рис. 1 – схема взаимодействия нити с деталями уточного тормоза:  $\varphi$  – угол охвата стальной пластиной ситалловой накладке тормоза;  $T_0$  – натяжение стальной пластины в зоне набегания на ситалловую накладку;  $T_1$  – натяжение стальной пластины в зоне сбегания с ситалловой накладке;  $ds$  – элементарный участок контакта нити со стальной пластиной,  $ds \rightarrow 0$ ;  $v$  – скорость продольного движения нити;  $S$  – длина дуги контакта нити с нитепроводником;  $R$  – текущий радиус кривизны стальной пластины).

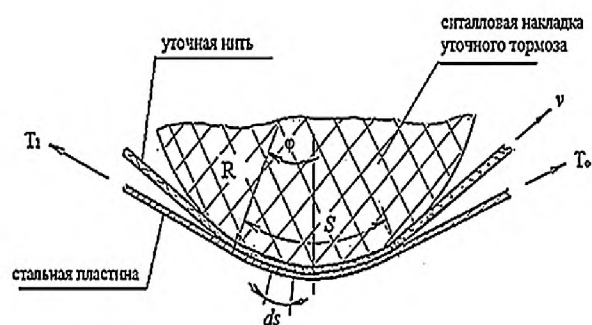


Рис. 1

Выделим участок контакта пряжи со стальной пластиной и ситалловой накладкой длиной  $ds \rightarrow 0$ , (рис. 1 и рис. 2-а) и положим, что эпюра нормальных давлений в контакте пряжи и стальной пластины описывается следующей зависимостью (рис. 2-а):

$$p = p_{\max} f(x),$$

где  $p_{\max}$  – величина максимального нормального давления в зоне контакта;  $p_{\max} = \text{const}$  для данного участка контакта;

$$p = \int_0^{d_n} p dx = \int_0^{d_n} p_{\max} f(x) dx = p_{\max} \int_0^{d_n} f(x) dx.$$

Известно, что в механике нити величина силы нормального давления, приходящаяся на единицу длины нити, рассчитывается по формуле:

$$p = \frac{T}{R} = \frac{dN}{ds},$$

где  $T$  – натяжение стальной пластины в точке;  $R$  – радиус кривизны стальной пластины в данной точке.

Для расчета максимального давления стальной пластины на поверхность пряжи, приравняем последние выражения, после простых преобразований получим:

$$p_{\max} = \frac{T}{R \int_0^{d_n} f(x) dx}.$$

Как показали эксперименты [6], ширина контакта пряжи с деталями по длине контакта меняется незначительно, поэтому допустим  $d_n = \text{const}$ . Полагая, что закон изменения давления по длине контакта не изменяется, получаем:

$$\int_0^{d_n} f(x) dx = \text{const} = B, \quad p_{\max} = \frac{T}{RB}, \quad (1)$$

где  $B$  – постоянная для данного контакта стальной пластины с пряжей, характеризующая неравномерность распределения давления по ширине контакта.

$f(x)$  – непрерывная функция, изменяющаяся от 0 до 1, при  $0 \leq x \leq b$  и, имеющая вторую производную;  $d_n$  – ширина площадки номинального контакта с нитепроводником, полагаем  $d_n$  – равняется диаметру нити.

Для вычисления силы нормального давления пластины  $p$ , приходящейся на единицу длины контакта с пряжей, необходимо последнюю формулу проинтегрировать по ширине контакта, то есть от 0 до  $d_n$ , тогда получим:

Известно, что изнашивание стальной пластины, как нитепроводящей детали, носит абразивный характер [7]:

$$U = npL,$$

где  $U$  – линейный износ пластины;  $n$  – коэффициент износа;  $L$  – путь трения.

Глубиной канавки износа считается максимальная ее глубина по длине контакта, так как выбраковка нитепроводника происходит при достижении канавкой некоторой предельной глубины, хотя бы в одной зоне. Для расчета глубины канавки износа (линейного износа) нитепроводника необходимо в последнюю формулу подставить формулу (1), так как максимальному давлению соответствует максимальный износ (изменением эпюры давлений в процессе изнашивания пренебрегаем), тогда получим:

$$U = n L \frac{T}{RB} = \frac{n}{B} L \frac{T}{R}.$$

Введем постоянную –  $K = \frac{n}{B}$ , характеризующую механические свойства пластины, пряжи и условия изнашивания. С учетом новой постоянной –  $K$  и формулы Эйлера последнее выражение можно записать в следующем виде:

$$U = \frac{KLT_0 e^{\mu\varphi}}{R}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – натяжение набегающей ветви пластины;  $\mu$  – коэффициент трения нити по стальной пластине;  $\varphi$  – угол охвата стальной пластиной ситалловой накладкой лапки тормоза.

Линейный износ стальной пластины прямо пропорционален силе нормального давления, приходящейся на единицу длины контакта с нитью.

Если пренебречь изменением эпюры нормального давления пластины, приходящейся на единицу длины контакта с нитью по длине контакта и краевыми эффектами, то величина силы нормального давления, приходящейся на единицу длины контакта (2), будет прямо пропорциональна износу стальной пластины тормоза (рис. 1).

Рассмотрим контакт пряжи со стальной пластиной при положении пряжи в канавке износа (рис. 2-б). Глубину канавки износа полагаем менее  $d_n$  – диаметра пряжи. Выделим участок контакта пряжи со стальной пластиной и ситалловой накладкой длиной  $ds \rightarrow 0$  (рис. 1). На рис. 2 представлена схема изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ скользящей пряжей: 1 – стальная пластина; 2 – лапка тормоза; 3 – нить; а) в начальной стадии, б) в стадии образования канавки.

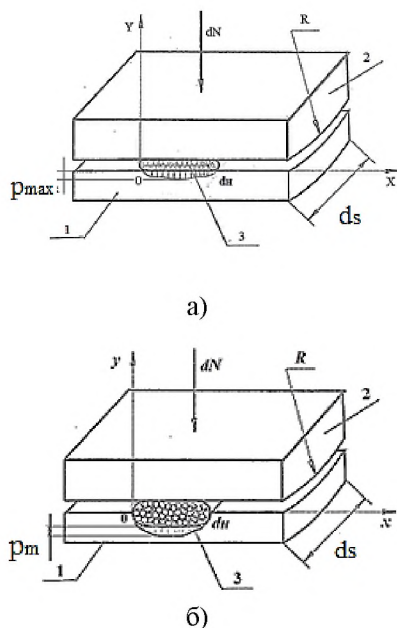


Рис. 2

Положим, что эпюра нормальных давлений в контакте описывается следующей зависимостью:

$$p = p_m f(x),$$

где  $p_m$  – величина максимального нормального давления,  $p_{max} = \text{const}$  для данного участка контакта;  $f(x)$  – непрерывная функция, изменяющаяся от 1 до 0 при  $0 \leq x \leq d_n$  и имеющая вторую производную;  $d_n$  – диаметр пряжи, равный ширине контакта пряжи со стальной пластиной тормоза уточной нити. Известно [6], что ширина канавки износа, равная ширине контакта, равна диаметру нити.

Для расчета силы нормального давления стальной пластины на пряжу, приходящейся на единицу длины  $p$ , необходимо последнюю формулу проинтегрировать от 0 до  $d_n$  по ширине контакта. После этого получим:

$$p = \int_0^{d_n} p dx = \int_0^{d_n} p_m f(x) dx = p_m \int_0^{d_n} f(x) dx.$$

Поскольку для данного участка пластины величина  $p_m = \text{const}$ , ее можно выносить за знак интеграла.

Известно, что в механике нити величина силы нормального давления, приходящаяся на единицу длины нити, рассчитывается по формуле:

$$p = \frac{T}{R}.$$

Для расчета максимального давления пластины на пряжу приравняем последние выражения и выразим отсюда  $p_m$ :

$$p_m = \frac{T}{R \int_0^{d_n} f(x) dx}.$$

Учитывая, что ширина контакта (ширина канавки износа)  $d_n$  постоянна и допуская, что закон изменения давления по ширине контакта не изменяется, приходим к следующему выражению:

$$p_m = \frac{T}{RB},$$

где  $B = \int_0^{d_n} f(x)dx = \text{const}$  – постоянная для данного контакта «стальная пластина – пряжа», характеризующая неравномерность распределения давления по ширине контакта.

Известно, что изнашивание нитепроводящих деталей носит абразивный характер, поэтому рассчитываем износ по формуле для абразивного изнашивания [7]:

$$U = npL.$$

Для расчета линейного износа стальной пластины необходимо в последнее выражение подставить значения максимального давления в контакте нити со стальной пластиной. Поскольку именно в точке, где давление максимально, и происходит максимальный износ, получим:

$$U = \frac{n}{B} L \frac{T}{R}.$$

Введем новую постоянную  $K = \frac{n}{B}$ , характеризующую механические свойства пряжи, стальной пластины и условия изнашивания. С учетом новой постоянной и формулы Эйлера последнее выражение можно записать в следующем виде:

$$U = \frac{KL T_0 e^{\mu\varphi}}{R}. \quad (3)$$

Линейный износ стальной пластины тормоза уточной нити скользящей пряжей при глубине канавки, не превышающей половину диаметра нити, прямо пропорционален силе нормального давления, приходящейся на единицу длины контакта стальной пластины с пряжей. Отметим, что выражения (2) и (3) совпадают до обозначений, то есть закономерности изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити в начальный период установившегося изнашивания, то есть изнашивания без учета поперечного движения пряжи и при нахождении пряжи в канавке изнашивания одинаковы.

1. Разработаны математические модели процесса установившегося изнашивания пластины тормоза уточной нити: а) – в начальный период установившегося изнашивания, то есть без учета износа пластины и поперечного движения пряжи и б) – в завершающий период при нахождении пряжи в канавке износа.

2. Математические модели процесса установившегося изнашивания пластины тормоза уточной нити позволят создавать новые конструкции ситалловой накладки тормоза, позволяющие повысить износостойкость стальной пластины, и, следовательно, снизить обрывность уточных нитей на станке СТБ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К., Сусоева И.В. Анализ фрикционного взаимодействия уточной нити с деталями тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С. 152...155.
2. Кривошеина Е.В. и др. Анализ изнашивания пластин тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С. 139...141.
3. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Повышение износостойкости пластины тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С. 120...123.
4. Кривошеина Е.В. Анализ производственных методов повышения износостойкости нитепроводящих деталей ткацких станков СТБ2-175 // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2015, №2. С. 38...40.
5. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Математическая модель начального периода изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С. 189...193.
6. Букалов Г.К. Совершенствование формы нитепроводящих деталей с целью повышения их износостойкости: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 1989.
7. Худых М.И. Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. – М.: Легкая индустрия, 1980.

## REFERENCES

1. Krivosheina E.V., Bukalov G.K., Susoeva I.V. Analiz frikcionnogo vzaimodejstvija utočnoj niti s detaljami tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S. 152...155.
2. Krivosheina E.V. i dr. Analiz iznashivaniya plastin tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.139...141.
3. Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Povyshenie iznosostojkosti plastiny tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4. S. 120...123.
4. Krivosheina E.V. Analiz proizvodstvennyh metodov povysheniya iznosostojkosti niteprovodjashhih detalej tkackih stankov STB2-175 // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2015, №2. S. 38...40.
5. Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Matematicheskaja model' nachal'nogo perioda iznashivaniya stal'noj plastiny tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №5. S. 189...193.
6. Bukalov G.K. Sovershenstvovanie formy niteprovodjashhih detalej s cel'ju povysheniya ih iznosostojkosti: Dis. ... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 1989.
7. Hudyh M.I. Jekspluacionnaja nadezhnost' i dolgovechnost' oborudovanija tekstil'nyh predpriyatij. – M.: Legkaja industrija, 1980.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности. Поступила 14.10.16.

---