

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ ВЛЕТА НИТЕПРОКЛАДЧИКА В ПРИЕМНУЮ КОРОБКУ ТКАЦКИХ МАШИН ТИПА СТБ

*О.С. КОВАЛЕВА, Е.Н. ХОЗИНА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Опыт эксплуатации ткацких машин (ТМ) типа СТБ показывает, что эффективность их использования во многом зависит от надежности работы механизмов, участвующих в прокладывании утка. Основными механизмами прокладывания уточной нити на ТМ типа СТБ являются боевой и зевообразующий механизмы, а также механизм торможения прокладчиков утка. Из-за низкого срока службы тормозных пластин наименее надежным является механизм торможения прокладчиков утка.

Преждевременный выход из строя тормозных пластин является результатом износа поверхностей, контактирующих с нитепрокладчиком. Износ поверхностей тормозных пластин есть следствие действия на прокладчик утка сил сопротивления движению, величина которых зависит от скорости влета нитепрокладчика в приемную коробку.

Скорость влета нитепрокладчика в приемную коробку, то есть его конечная скорость  $v_k$ , является функцией трех параметров:

$$v_k = v_k(v_n; \Delta v; L_{\text{запр}}), \quad (1)$$

где  $v_n$  – начальная скорость полета нитепрокладчика, зависящая от диаметра  $d_{\text{ТВ}}$  и начального угла закручивания  $\varphi_{\text{ТВ}}$  торсионного вала боевого механизма;  $\Delta v$  – падение скорости прокладчика при полете его в зеве, зависящее от линейной плотности  $T$  перерабатываемого утка и времени  $t_{\text{экс}}$  нахождения ТМ в эксплуатации;  $L_{\text{запр}}$  – заправочная ширина ТМ.

В настоящее время наметилась тенденция роста начальной скорости нитепрок-

ладчика за счет увеличения диаметра тормона, уменьшения момента инерции подвижных звеньев боевого механизма и применения новых материалов. Ясно, что повышение начальной скорости приведет к увеличению скорости влета нитепрокладчика в приемную коробку, а это, в свою очередь, потребует модернизации конструкции тормозного механизма прокладчиков утка.

В случае использования прежней конструкции необходимо ограничить скорость влета до допустимой величины, которая может быть воспринята конструкцией существующего механизма торможения прокладчиков утка. В дальнейшем эту величину будем называть допустимой скоростью  $v_k^{доп}$  влета нитепрокладчика в приемную коробку, которая будет определена по рассмотренной ниже методике.

Нитепрокладчик имеет определенный запас кинетической энергии, определяемой по формуле:

$$E = \frac{mv^2}{2}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса нитепрокладчика, кг;  $v$  – скорость нитепрокладчика, м/с.

Имеющаяся у прокладчика утка кинетическая энергия должна быть полностью погашена механизмом торможения нитепрокладчика за счет работы сил сопротивления движению. По теореме об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме [1] напишем уравнение движения прокладчика утка в период торможения в виде равенства приращения элементарной кинетической энергии  $dE$  и приращения элементарной работы сил сопротивления движению  $dA$ :

$$dE = dA, \quad (3)$$

где

$$dA = -F_{\text{торм}} dL_{\text{торм}} - F_{\text{упр}} dh - F_{\text{тр}} dL_{\text{торм}}. \quad (4)$$

Здесь  $F_{\text{торм}}$  – сила торможения про-

кладчика утка о верхнюю и нижнюю тормозные поверхности, Н;  $L_{\text{торм}}$  – путь торможения прокладчика утка;  $F_{\text{упр}}$  – сила упругости резинового амортизатора, возникающая при влете нитепрокладчика под передний и задний тормоза, Н;  $h$  – деформация резинового амортизатора;  $F_{\text{тр}}$  – сила трения, возникающая под действием собственного веса прокладчика утка на нижнюю тормозную пластину, Н.

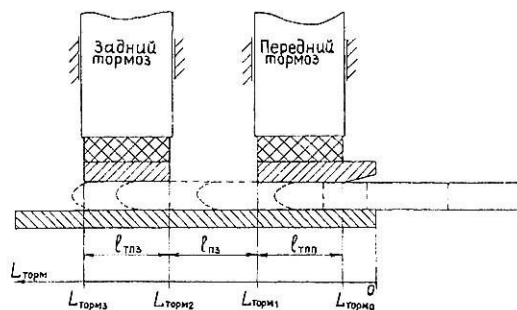


Рис. 1

На рис.1 представлена принципиальная схема процесса торможения прокладчика утка, где перемещение нитепрокладчика условно разбито на 3 участка. Первый участок соответствует нахождению нитепрокладчика только под передним тормозом, второй участок – под передним тормозом и между передним и задним тормозами, третий участок – под передним и задним тормозами и между ними.

Определим силы, входящие в уравнение (4).

Рассмотрение начнем с силы торможения  $F_{\text{торм}}$ . Условия работы тормозного механизма определяют значение этой силы как функцию от перемещения  $L_{\text{торм}}$ . Примем гипотезу о том, что изменение силы торможения прямо пропорционально площади контакта нитепрокладчика с пластиной, то есть пройденному пути  $L_{\text{торм}}$  под пластиной [2].

Элементарная площадь контакта нитепрокладчика с тормозной поверхностью  $dS$  пластин переднего и заднего тормозов определяется зависимостью:

$$dS = bdL_{\text{торм}}, \quad (5)$$

где  $b$  – двойная ширина прокладчика утка, м.

Двойная ширина используется в расчетах вследствие того, что нитепрокладчик, находясь под тормозами, контактирует одновременно с верхней и нижней тормозными пластинами.

На первом участке приращение силы торможения определяется следующей формулой:

$$dF_{\text{торм1}} = f p_{\Pi} dS = f p_{\Pi} b dL_{\text{торм}}, \quad (6)$$

где  $f$  – коэффициент трения стали по текстолиту [3];  $p_{\Pi}$  – удельное давление на переднем тормозе, Н/м<sup>2</sup>.

Удельное давление возникает при сжатии резинового амортизатора переднего тормоза и находится по формуле:

$$p_{\Pi} = \frac{F_{\text{упр}}}{\ell_{\text{ТПП}} b_{\text{ТПП}}}, \quad (7)$$

где  $F_{\text{упр}}$  – сила упругости резинового амортизатора переднего тормоза, Н;  $\ell_{\text{ТПП}}$  и  $b_{\text{ТПП}}$  – длина и ширина тормозной пластины переднего тормоза соответственно, м.

Примем допущение, что величина силы упругости  $F_{\text{упр}}$  упругого элемента одинакова для переднего и заднего тормозов и деформация происходит по всей толщине амортизатора одновременно. Определение силы  $F_{\text{упр}}$  будет описано ниже.

Интегрируя выражение (6), получим:

$$F_{\text{торм1}} = \int_{L_{\text{торм0}}}^{L_{\text{торм}}} f p_{\Pi} b dL_{\text{торм}}, \quad (8)$$

где  $L_{\text{торм0}}$  – нижний предел интегрирования, определяемый наладкой переднего тормоза и формой мыска нитепрокладчика, а верхний предел задается длиной первого участка тормозного пути.

Рассмотрим силу торможения на втором участке  $F_{\text{торм2}}$ . В силу условий работы

тормозного механизма и особенностей его конструкции сила торможения на данном участке будет постоянной и равной максимальному значению силы торможения на первом участке:

$$F_{\text{торм2}} = F_{\text{торм1}}^{\text{max}} = f p_{\Pi} b \ell_{\text{ТПП}} = \text{const}. \quad (9)$$

На третьем участке элементарная сила торможения нитепрокладчика определяется следующей зависимостью:

$$dF_{\text{торм3}} = f p_3 b dL_{\text{торм}}, \quad (10)$$

где  $p_3$  – удельное давление на заднем тормозе, Н/м<sup>2</sup>, определяемое из выражения:

$$p_3 = \frac{F_{\text{упр}}}{\ell_{\text{ТПЗ}} b_{\text{ТПЗ}}}, \quad (11)$$

где  $\ell_{\text{ТПЗ}}$  и  $b_{\text{ТПЗ}}$  – длина и ширина тормозной пластины заднего тормоза соответственно, м.

Интегрируя выражение (10) с учетом (8) и (9), получим:

$$F_{\text{торм3}} = F_{\text{торм2}} + \int_{L_{\text{торм2}}}^{L_{\text{торм}}} f p_3 b dL_{\text{торм}}. \quad (12)$$

Правильная наладка тормозного механизма допускает выход мыска нитепрокладчика за границу заднего тормоза на величину не более 3...4 мм. Для этого случая значение силы торможения  $F_{\text{торм}}$  будет постоянным вследствие действия на прокладчик утка постоянного усилия со стороны переднего и заднего тормозов. Оно будет определяться как максимальное значение силы торможения на третьем участке:

$$F_{\text{торм}} = F_{\text{торм3}}^{\text{max}} = F_{\text{торм2}} + f p_3 b \ell_{\text{ТПЗ}} = \text{const}. \quad (13)$$

Рассмотрим нахождение силы упругости резинового амортизатора  $F_{\text{упр}}$ . Для этого воспользуемся реальной упругой ха-

рактической амортизатора, полученной экспериментально и представленной на рис.2.

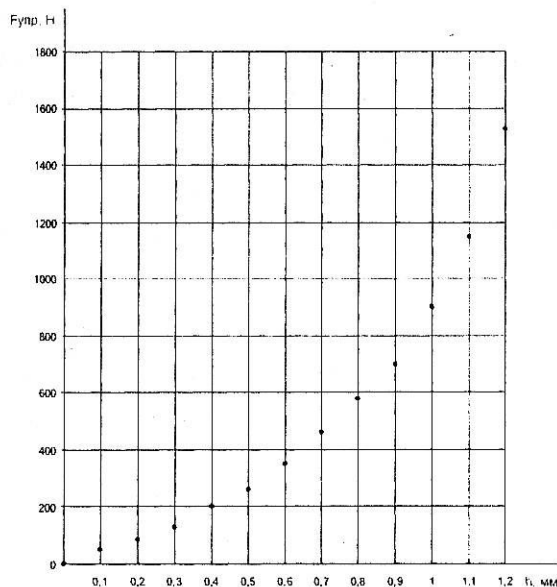


Рис. 2

На рис.2 показаны дискретные значения силы упругости  $F_{упр}$ , Н, в зависимости от величины деформации  $h$ , мм. Аппроксимируем дискретные значения силы упругости сглаживающим сплайном вида:

$$F_{упр}^{(k)}(h) = \sum_{l=0}^3 a_l^{(k)}(h_k - h)^l, \quad (14)$$

где  $k = 1, \dots, n$  с коэффициентами  $\{a_l^{(k)}\}_{l=0}^3$ ;  $l$  – степень полинома;  $h_k$  – значение деформации в  $k$ -м узле;  $h$  – текущее значение в  $k$ -м интервале.

Определим силу трения  $F_{тр}$ , возникающую под действием собственного веса нитепрокладчика, по формуле

$$F_{тр} = fN = fmg, \quad (15)$$

где  $N$  – сила нормального давления, Н;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Подставляя численные значения входящих в формулу (15) величин, получим, что сила трения составляет всего 0,051 Н. Это позволяет пренебречь ею в расчетах, как малой величиной.

С учетом последнего допущения дифференциальное уравнение (3) запишем в виде:

$$d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = -F_{торм}dL_{торм} - F_{упр}dh. \quad (16)$$

Далее получим выражение вида:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_k^2}{2} = -A_{торм} - A_{упр}, \quad (17)$$

где  $v$  – текущая скорость движения нитепрокладчика в период торможения, м/с;  $v_k$  – скорость влета нитепрокладчика в приемную коробку, то есть начальная скорость торможения, м/с;  $A_{упр}$  – работа силы упругости резинового амортизатора, Н·м, определяемая как:

$$A_{упр} = \int_{h_0}^h F_{упр}dh; \quad (18)$$

$A_{торм}$  – работа силы торможения на заданном перемещении, Н м, определяемая как:

$$A_{торм} = \int_{L_{торм0}}^{L_{торм}} F_{торм}dL_{торм}; \quad (19)$$

$L_{торм}$  – путь торможения, определяемый по формуле:

$$L_{торм} = \ell_{тпп} + \ell_{пз} + \ell_{тпз} + 0,003. \quad (20)$$

Здесь  $\ell_{пз}$  – расстояние между передним и задним тормозами, м; 0,003 – допустимая величина выхода мыска нитепрокладчика за границу заднего тормоза, м [4].

Максимальная сила торможения возникает при действии на нитепрокладчик обоих тормозов, поэтому ее величина определяется по формуле:

$$F_{торм}^{max} = fb(p_1\ell_{тпп} + p_3\ell_{тпз}), \quad (21)$$

где значения  $p_n$  и  $p_z$  находятся с помощью (7) и (11) соответственно, а величина входящей в эти выражения силы упругости амортизатора  $F_{упр}$  – из (14) для определенного значения деформации  $h$ .

Уравнение (17) разрешаем относительно скорости влета нитепрокладчика в приемную коробку:

$$v_k = \pm \sqrt{v^2 + \frac{2}{m} A_{торм} + \frac{2}{m} A_{упр}} \quad (22)$$

Далее будем рассматривать только положительный корень выражения (22).

Механизм торможения прокладчика утка должен обеспечить полное гашение скорости влетающего в приемную коробку нитепрокладчика, поэтому принимаем

первое слагаемое уравнения (22) равным нулю:

$$v = 0 \quad (23)$$

С учетом (23) значение скорости влета нитепрокладчика в приемную коробку определим по формуле

$$v_k = \sqrt{\frac{2}{m} A_{торм} + \frac{2}{m} A_{упр}} \quad (24)$$

Исходные данные для расчета допустимой скорости влета нитепрокладчика в приемную коробку  $v_k^{доп}$  представлены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Наименование параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
Масса нитепрокладчика	$m$ , кг	0,040
Длина передней тормозной пластины	$\ell_{ТПП}$ , м	0,030
Ширина передней тормозной пластины	$b_{ТПП}$ , м	0,021
Длина задней тормозной пластины	$\ell_{ТПЗ}$ , м	0,030
Ширина задней тормозной пластины	$b_{ТПЗ}$ , м	0,021
Расстояние между передним и задним тормозами	$\ell_{ПЗ}$ , м	0,032
Коэффициент трения стали по текстолиту	$f$	0,13
Двойная ширина нитепрокладчика	$b$ , м	0,028
Деформация резинового амортизатора	$h$ , мм	0,8

Подставляя данные из табл.1 в формулу (24) с учетом (18)...(21), получаем, что допустимая скорость влета составляет 31 м/с.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения допустимой скорости влета нитепрокладчика в приемную коробку ТМ типа СТБ.

2. По предлагаемой методике рассчитана допустимая скорость влета нитепрокладчика в приемную коробку.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов. – М.: Наука, 1967.
2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбаров В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977.
3. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др. / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Станки ткацкие бесчелночные СТБ с малогабаритными прокладчиками утка. Руководство по эксплуатации. – М.: Техмашэкспорт, 1986.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 01.12.05.