

УДК 677.054

**АНАЛИЗ ПРОКЛАДЫВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ
УТОЧНЫХ НИТЕЙ НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ СТБ**

**ANALYSIS OF NON-TRADITIONAL PAVING
WARP END ON THE LOOM STB**

В.Т. СЕРГЕЕВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, С.Д. НИКОЛАЕВ
V.T. SERGEEV, R.M. MALAFEEV, S.D. NIKOLAEV

(АО "ТРИ-Д",
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(АО "TRI-D",
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))
E-mail: vladimir@3dfabrics.ru, malafeev-ru@mail.ru, nsd0701@mail.ru

В статье приведены формулы для расчета параметров прокладывания уточных нитей на бесчелночных ткацких станках СТБ при прокладывании углеродных и стеклянных нитей. Для успешного прокладывания нитей необходимо: увеличить площадь зажимной поверхности зубок пружины прокладчика с приданием ей функций центрирующего устройства; использовать для прокладывания утка тяжелый микропрокладчик массой 60 г и увеличенный диаметр торсионного валика; изменить координаты точек m и n с сокраще-

нием хода глазка e компенсатора с целью уменьшения углов обхвата и сил трения нити о глазки; заменить механический точный тормоз менее инерционным и более быстродействующим регулятором натяжения утка с обратной связью.

The article provides formulas for calculating the parameters of laying weft threads in shuttleless looms STB in paving HS-narodnyh and glass fibers. For us-erlogo stitching threads need: to increase the area of the clamping surfaces of the jaws of the spring plotter with giving her features a centering device; use for Pro-clus-Diwaniya duck heavy microproject mass of 60 g and an increased diameter of the torsion roller; change the coordinates of the points and reduce the progress of eye compensator to reduce the corners of the girth and the friction of the thread on the eyes; replace the mechanical weft brake with a less inertial and faster feedback weft tension regulator.

Ключевые слова: станок СТБ, многослойные ткани, углеродные и стек-лянные нити, микропрокладчик.

Keywords: STB machine, multilayer fabrics, carbon and glass filaments, micro-layer.

Изготовление многослойных тканей из углеродных, кварцевых и других нетрадици-онных нитей на отечественном технологическом оборудовании важная и актуальная за-дача сегодняшнего дня.

Модернизация ткацкого станка СТБ под переработку указанных нитей невозможна без анализа процесса прокладывания утка при помощи микропрокладчика, получаю-щего движение от торсионного боевого ме-ханизма независимого боя.

Нити, которые предполагается использо-вать в качестве утка, имеют следующие спе-цифические свойства [1], [2]:

- линейная плотность, текс – 300...1300;
- диаметр нитей, мм – 0,5...2,3
- величина крутки, кр/м – 150...150;
- разрывное удлинение – 1,5...2%;
- модуль упругости, ГПа – 50...300;
- подвержены разрушению при изгибаю-щих и фрикционных нагрузках.

Во-первых, специфичность для станка СТБ перечисленных выше свойств заклю-чается в первую очередь в повышенной ли-нейной плотности утка, что вызовет увели-чение сил инерции нити при разгоне и тор-можении ее в начале и конце прокладыва-ния, а также потребует увеличения массы прокладчика.

Во-вторых, большие, чем у традицион-ных нитей, величины их диаметров дикту-ют модернизацию губок плоской пружины микропрокладчика, чтобы обеспечить надеж-ный захват конца уточной нити в целях не-допустимости потерь утка при прокладыва-нии.

В-третьих, конструктивно-заправочная линия (КЗЛ) уточной нити должна иметь по возможности малые углы перегиба, а ните-проводящие глазки – минимальные коэффи-циенты трения между уточной нитью и ма-териалом глазка.

Квазистатическая составляющая натя-жения утка при прокладывании на станке СТБ равна [3]:

$$T = \frac{1}{EF} \frac{\partial}{\partial x} \left(\int_0^L f(s, x) K(x, s, \ell) ds \right), \quad (1)$$

где $f(s, t)$ – распределенные внешние на-грузки; $K(x, s, \ell)$ – ядро интегродифферен-циального уравнения, как кусочно-непре-рывная функция; E – модуль упругости ни-ти; F – площадь поперечного сечения нити.

Проинтегрировав формулу (1) с учетом начальных и граничных условий [3], полу-чим величины натяжений уточной нити на

участках km, me, en, nd, df КЗЛ (рис. 1 – схема для расчета параметров прокладывания утка на станке СТБ).

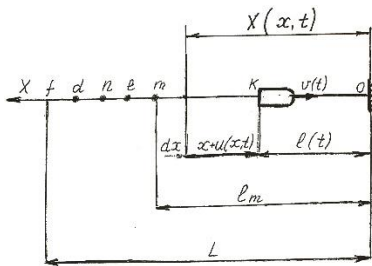


Рис. 1

Натяжение нити T_k , преодолеваемое микропрокладчиком в период разгона с учетом переменности длины нити при условии, что свободный запас нити находится в точке m , а сосредоточенная сила T_n введена в уравнение (1) с помощью обобщенных функций [3], равно:

$$T_k = \mu \dot{v}(L - x) + T_M, \quad (2)$$

где μ – линейная плотность нитей; \dot{v} – ускорение прокладчика при разгоне; L – длина нити на участке km , равная $(l_m - l(t))$, $0 \leq x \leq L$; T_M – общая сила сопротивления движению уточной нити, приведенная к точке m , в КЗЛ на участках me, en, nd, df (рис. 2 – конструктивно-заправочная линия при прокладывании утка на станке СТБ) при условии неподвижности глазка e компенсатора и наличия реактивной силы μv^2 :

$$T_M = \{[(\mu v^2 + \mu l_{fn} \dot{v})e^{\alpha(\beta_1 + \beta_3)} + \mu l_{ne} v^{\alpha\beta_3}], \quad (3)$$

где $\mu l_{fn}, \mu l_{ne}, \mu l_{em}$ – масса нити на указанных участках; v – скорость нити; α – коэффициент трения уточной нити о материал глазка нитепровода; β_1, β_3 – углы обхвата нитью глазков.

Таким образом, внешняя распределенная нагрузка в уравнении (1), действующая на нить при разгоне прокладчика, будет определяться из выражения (2).

Геометрия заправочной линии (рис. 2) уточной нити характеризуется величиной

углов обхвата нити поверхностей нитепроводников, определяемых положением глазков компенсатора. Наличие Эйлеровых сил трения дополнительно повышает натяжение уточной нити при разгоне, что является отрицательным фактором, требует подбора пар трения с меньшим коэффициентом и выбора такого закона движения подвижного глазка компенсатора, который гарантирует минимальные давления нити на поверхности нитепроводников.

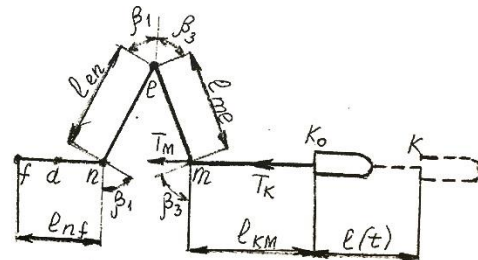


Рис. 2

Определим величины сил T_k и T_M из выражений (2) и (3) на примере ткацкого станка СТБУ-2-220, который имеет прокладчик массой $m = 0,04$ кг, торсионный вал диаметром $d = 15$ мм и длиной $l = 710$ мм, радиус погонялки $R = 185$ мм, момент ее инерции массы $I_1 = 0,34$ Н·см·с², масса гонка и шатуна $m_u = 0,060$ кг [5], при прокладывании кварцевой нити $T = 1000$ текс – $\mu = 0,34$ кг/м, ее диаметр $d = 1,2$ мм, модуль упругости $E = 50$ ГПа, коэффициент трения по материалу глазков КЗЛ $\alpha = 0,3$. Прокладывание осуществляется при частоте вращения главного вала ткацкого станка $n = 220$ мин⁻¹.

Скорость v и ускорение \dot{v} движения нити определим из закона движения, задаваемого микропрокладчику торсионным механизмом [3], [4] при разгоне и допущении о нерастяжимости нити:

$$l = S_0 + \phi_0 R(1 - \cos kt), \quad (4)$$

где S_0 – длина уточной нити в КЗЛ перед началом разгона при $x = 0$; ϕ_0 – угол закручивания торсионного вала ($\phi_0 = 30^\circ$); k – угловая скорость раскручивания торсионного

вала; t – время разгона прокладчика до скорости v_{\max} .

$$v = \phi_0 RK \sin kt ; \dot{v} = \phi_0 RK^2 \cos kt , \quad (5)$$

или

$$v = 27,8 \sin kt ; \dot{v} = 7975 \cos kt .$$

Разгоняемый прокладчик отрывается от гонка в момент начала действия масляного тормоза при $t=0,0033$ с со скоростью $v=22,6$ м/с и ускорением $\dot{v} = 4654$ м/с².

Для определения величины силы T_M необходимо рассмотреть работу механизма компенсатора.

Подвижный глазок e (рис. 2) в соответствии с цикловой диаграммой [5] начинает движение вниз при $\phi = 97^\circ$ положения главного вала, из чего следует, что к началу движения микропрокладчика ($\phi = 120^\circ$) натяжение на участках me, en, nf практически отсутствует из-за наличия напуска нити в компенсационной петле.

Следовательно, величина силы T_M при $\phi = 120^\circ$ (начало боя) будет равно:

$$T_M = \mu \ell_{em} \dot{v} e^{\alpha\beta_3} , \quad (6)$$

а сила T_k определится из выражения:

$$T_k = \mu \dot{v} (L - x) + \mu \dot{v} \ell_{em} e^{\alpha\beta_3} . \quad (7)$$

В начале боя $t=0$ при $x=0$ выражение (7) с учетом (4) запишется в следующем виде:

$$T_k = \mu \dot{v} (S_0 + \ell_{em} e^{\alpha\beta_3}) , \quad (8)$$

где $S_0 = \ell_{km} + \ell_{em}$ – длина нити в КЗЛ перед боем.

При $\mu = 0,001$ кг/м; $\dot{v} = 4654,7$ м/с²; $\alpha = 0,3$; $\beta = 60^\circ$; $S_0 = 0,264$ м, $\ell_{em} = 0,164$ м сила T_k имеет величину $T_k = 2,72$ Н.

Для предотвращения потери утка при разгоне микропрокладчика необходимо, чтобы сила удержания нити губками про-

кладчика F была значительно больше T_k , то есть

$$F \gg T_k . \quad (9)$$

Это легко проверяется в статических условиях при помощи груза, свободно подвешенного на одном конце уточной нити, другой конец которой закреплен в губках пружины прокладчика.

В [5] указано, что "...сила сжатия губок составляет 13,7...29,4 Н в зависимости от вида и линейной плотности перерабатываемой уточной нити, а раскрыватель пружины прокладчика разводит губки на 4,4...4,6 мм...", что достаточно для уточных нитей до $T=200...300$ текс из натуральных и химических волокон.

Специфичность рассматриваемых уточных нитей требует дополнительных мер по обеспечению надежности упругого зажима.

Во-первых, уток для многослойных тканей представляет собой крученые и трощеные в несколько сложений нити, во-вторых, элементарные нити слабо связаны между собой в поперечном сечении.

Поэтому весьма вероятен зажим конца нити не по полному поперечному сечению из-за недостаточной величины зажимной площадки губок, а зажим лишь части элементарных нитей, что приведет к уменьшению разрывной нагрузки уточной нити в зоне зажима и выскальзыванию ее из губок при разгоне прокладчика.

Кроме того, зажимная площадка губок должна выполнять роль оси прокладчика, что устранил рассыпание конца уточной нити при зажиме и значительно повысит его надежность.

Рассмотрим свободный полет прокладчика на станке СТБУ-2-220 при положениях главного вала $\phi = 126...335^\circ$.

В это время механизм компенсатора заканчивает опускание коромысла $\phi = 280^\circ$, глазок e движется с замедлением, что приводит к поэтапному подключению участков nd, df , к движению уточной нити и началу действия реактивной силы T_f (рис. 2) и, как следствие, появлению скачков натяжения

уточной нити. Данное явление не опасно для специфических уточных нитей, имеющих большую прочность на разрыв.

Однако пульсирующий характер изменения натяжения уточной нити может вызывать появление стоячих волн поперечных колебаний из-за низкой собственной частоты их и увеличение длины уточной нити в зеве.

В конце свободного полета прокладчика ($\phi = 250 \dots 320^\circ$) вступает в работу уточный тормоз, который на станке СТБУ-2-220 выполняет динамичное нагружение уточной нити [3] из-за своего несовершенства. Это выражается наличием скачков натяжения в уточной нити (продольные колебания), которые также не опасны для рассматриваемых нитей, но могут вытянуть конец уточной нити из ненадежного зажима прокладчика или оборвать плохо закрепленную в зажиме часть уточной нити.

При модернизации станка для переработки специфических уточных нитей необходимо заменить механический уточный тормоз менее инерционным и более быстродействующим регулятором натяжения утка с обратной связью [6]. Квазистатическое натяжение уточной нити при свободном полете прокладчика определится из уравнения (1) с учетом изменившихся внешних распределенных нагрузок $f(s, t)$ (рис. 1):

$$f(s, t) = -\mu\dot{v}(t) + T_f S(S - L + \ell(t)) + T_d S(S - \ell_d + \ell(t)), \quad (10)$$

где $\mu\dot{v}(t)$ – распределенная инерционная нагрузка; \dot{v} – ускорение нити при свободном полете; T_f, T_d – сосредоточенные силы, действующие на нить в точках f и d ; S_δ – дельта-функция Дирака.

Движение прокладчика в зеве совершается по сложному закону, зависящему от вида уточной нити, ее натяжения, сил сопротивления в канале, сопротивления воздуха, точности изготовления и сборки зубьев канала и самого прокладчика. Кроме того, начальная скорость прокладчика зависит от угла закручивания торсионного вала, его материала и размера, что исключает влияние скорости вращения главного станка.

Анализ результатов движения прокладчика через зев позволяет принять допущение о его равнозамедленном движении [4]:

$$S = v_n t - \frac{\dot{v} t^2}{2}; \quad v(t) = v_n - \dot{v} t, \quad (11)$$

где $v(t), \dot{v}(t)$ – скорость, ускорение (замедление) полета прокладчика; v_n – начальная скорость прокладчика, задаваемая торсионным боевым механизмом; t – время; $0 \leq t \leq t_{np}$; t_{np} – время свободного полета прокладчика.

Скорость v и ускорение \dot{v} подлета прокладчика к приемной коробке определяется из уравнения закона кинетической энергии и для рассматриваемого случая равны: $v = 12,9$ м/с; $\dot{v} = 58,8$ м/с².

Подставив (10) в выражение (1) и проинтегрировав его с учетом начальных и граничных условий [3], получим искомые величины натяжения уточной нити при свободном полете прокладчика.

Участок kd :

$$(\ell_d - \ell(t)) \leq x \leq 0 \quad (\text{рис. 1})$$

$$T_k = \mu\dot{v}(L - x) + T_d + T_f, \quad (12)$$

где T_d – усилие в нити, возникающее от работы уточного тормоза:

$$T_d = 2Cy(t)K_d \alpha. \quad (13)$$

Здесь C – приведенная жесткость упругой системы уточного тормоза; $y(t)$ – перемещение лапки тормоза после контакта с пластиной; α – приведенный коэффициент трения уточной нити о поверхности лапки и стальной пластины; K_d – коэффициент динамичности упругой системы уточного тормоза.

Реактивную силу T_f , действующую в граничной точке f выхода нити из накопителя $x - L - \ell(t)$, определяем по формуле:

$$T_f = \mu v^2. \quad (14)$$

Вычислим величину T_k (12) для станка СТБУ-2-220 по данным, приведенным ранее в фазе свободного полета прокладчика в зеве и при $L = 2,4$ м, $x = 0$, $y = 0,35$ см, $\alpha = 0,25$, $C = 2,76$ Н/см, $K_d = 1,35$, $v_n = 22,6$ м/с, $v = 12,9$ м/с, $\dot{v} = 58,7$ м/с². По расчетам $T_k = 0,67$ Н.

Величина силы T_k также не опасна для прочности рассматриваемых уточных нитей. Необходимо обратить внимание на небольшую скорость v для подлета прокладчика к приемной коробке. Во избежание замина прокладчика в зеве по каким-либо непредвиденным обстоятельствам необходимо ее увеличение. Для ее увеличения желательно поднять значение кинетической энергии прокладчика за счет применения так называемого тяжелого прокладчика массой 60 г и увеличения диаметра торсионного вала, что повысит начальную скорость v_n прокладчика.

Что касается чувствительности уточных нитей к изгибающим моментам и фрикционным нагрузкам, которые уточные нити претерпевают в основном в зоне компенсатора, то при модернизации необходимо рассмотреть возможность увеличения расстояния между точками m и n на 40% и уменьшения хода глазка компенсатора на 20%, что уменьшит углы обхвата и силы трения в этих точках в 1,2...1,4 раза. Это допустимо для высокопрочных нитей.

ВЫВОДЫ

Таким образом, переработка специфических уточных нитей при выработке многослойных тканей на ткацких станках типа СТБУ-2-220 возможна при их модернизации. Необходимо:

- увеличить площадь зажимной поверхности губок пружины прокладчика с приданием ей функций центрирующего устройства;

- использовать для прокладывания утка тяжелый микропрокладчик массой 60 г и увеличенный диаметр торсионного валика;

- изменить координаты точек m и n с сокращением хода глазка e компенсатора с

целью уменьшения углов обхвата и сил трения нити о глазки;

- заменить механический уточный тормоз менее инерционным и более быстродействующим регулятором натяжения утка с обратной связью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сергеев В.Т.* Перспективные многослойные ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.60...62.
2. *Юхин С.С., Федорова Е.Е.* Новые текстильные материалы и их роль в развитии научно-технического прогресса // Сб. научн. тр. по ткачеству, посвященный 100-летию проф. П.В. Власова. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2011. С.73...77.
3. *Малафеев Р.М.* Ткацкие машины: механика прокладывания утка – М.: МГФ "Знание", 2004.
4. *Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С.* Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства. – М.: Легпромбытиздат, 1995.
5. ГОСТ 12167–82. Станки ткацкие бесчелночные с малогабаритными прокладчиками утка. Общие технические условия. – М., 2002.
6. Патент РФ №0002602616. Устройство регулирования натяжения нитевидного материала // Сергеев В.Т., Терентьев О.А., Малафеев Р.М., Павлюк Н.Н., 20.11.2016.

REFERENCES

1. *Sergeev V.T.* Perspektivnyye mnogoslouinye tkani // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti. – 2012, №6. S.60...62.
2. *Yukhin S.S., Fedorova E.E.* Novye tekstil'nyye materialy i ikh rol' v razvitii nauchno-tekhnicheskogo progressa // Sb. nauchn. tr. po tkachestvu, posvyashchennyi 100-letiyu prof. P.V. Vlasova. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2011. S.73...77.
3. *Malafeev R.M.* Tkatskie mashiny: mekhanika prokladyvaniya utka – M.: MGF "Znanie", 2004.
4. *Nikolaev S.D., Sumarukova R.I., Yukhin S.S.* Teoriya protsessov, tekhnologiya i oborudovanie tkatskogo proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1995.
5. GOST 12167–82. Stanki tkatskie beschelnochnye s malogabaritnymi prokladchikami utka. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – M., 2002.
6. Patent RF №0002602616. Ustroistvo regulirovaniya natyazheniya nitevidnogo materiala // Sergeev V.T., Terent'ev O.A., Malafeev R.M., Pavlyuk N.N., 20.11.2016.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 01.11.18.