

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТЯГИВАНИЯ МАТЕРИАЛА В ШВЕЙНОЙ МАШИНЕ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ТКАНИ

Моделирование процесса перемещения материала рейками двигателя ткани дифференциального типа позволяет установить факторы, влияющие на процесс перемещения материала и обеспечивающие качественное его выполнение без стягивания материала вдоль строчки. Условия исключения стягивания материала при обработке легко сжимаемых материалов учитывают как перемещения реек, так и действия сил натяжения игольной нитки на материал вдоль линии строчки.

Ключевые слова: сжатие, деформация, трикотаж, швейная машина.

A.S. ERMAKOV, I.V. PISARENKO

Russian State University of Tourism and Service

MODELLING OF PROCESS OF PREVENTION MATERIAL CONTRACTION IN SEWING MACHINE WITH DIFFERENTIAL MOVER OF FABRIC

Simulation of the movement of material pawls of fabric differential type feeding device allows to identify factors influencing the movement of material and ensure quality of its execution without constriction along the stitches. Exclusion condition of contraction of the material in the processing of easily compressible materials include both moving rails, and the forces of the needle thread tension to the material along the line. The causes deformation of the material during the formation stitches. Defined area in which the formation of the stitch and eliminates deformation of the material. The cases of expansion and contraction of the material during the formation of stitches using the differential type feeding device. The relationship between the deformation of the material and its physical and mechanical properties. The model of the deformation of the material and its removal from the action of two pawls of fabric differential type feeding device.

Keywords: contraction, deformation, knitwear, sewing machines.

Качественное изготовление швейных изделий требует соблюдения правил эксплуатации существующих швейных машин и учет рациональных условий выполнения ими рабочих процессов при проектировании новых машин. При пошиве изделий из легко сжимаемых или легко растяжимых тканей возникает опасность их стягивания. Основная причина стягивания [1] материала при обработке на швейных машинах – действие сил натяжения со стороны ниток и недостаточная жесткость к их сжатию или растяжению. Чтобы понять причины появления деформации материала, необходимо исследовать процесс транспортирования и способы предотвращения деформации.

Известно [1], что основным способом предотвращения деформации материала на швейных машинах – это использование в машине дифференциального типа двигателя ткани. Данный двигатель ткани имеет две рейки: основная 1 (рис. 1) и дополнительная 2. Величина дифференциала Δ_o определяется из уравнения $\Delta_o = \frac{L_2}{L_1}$, где L_1 и L_2 – величины транспортирования материала соответственно рейками 1 и 2.

Транспортирования материала двумя рейками производится под действием сил сцепления F_{p1} (рис. 1, 2 и 3) и F_{p2} реек с материалом:

$$F_{p1} = m_p (N^{(1)} + G_{mk1});$$

$$F_{p2} = m_p (N^{(2)} + G_{mk2}),$$

где m_p – коэффициент трения между материалом и зубчатой рейкой; G_{mk1} и G_{mk2} – вес ткани, действующий на рейки 1 и 2 соответственно; $N^{(2)} = S^{(2)} \cdot q$ и $N^{(1)} = S^{(1)} \cdot q$ – силы нормального давления прижимной лапки 3 соответственно на рейки 2 и 1; $q = \frac{N}{(S^{(1)} + S^{(2)})}$ – удельное давление подошвы лапки на материал; $S^{(1)}$ и $S^{(2)}$ – площадь зубцов реек 1 и 2, входящей во взаимодействие с материалом.

Вследствие незначительных значений динамических составляющих сил со стороны реек и материала [1], их воздействия на материал при его транспортировании на бытовых швейных машинах, в исследовании не рассмотрено.

Между слоями 7 и 8 материала возникают силы сцепления:

$$F_{mp2} = m_{mk} (N^{(2)} + G_{mk2});$$

$$F_{mp1} = m_{mk} (N^{(1)} + G_{mk1}),$$

где m_{mk} – коэффициент трения между слоями 7 и 8 материала (при отсутствии скольжения равный коэффициенту трения покоя, а при проскальзывании – коэффициенту трения скольжения).

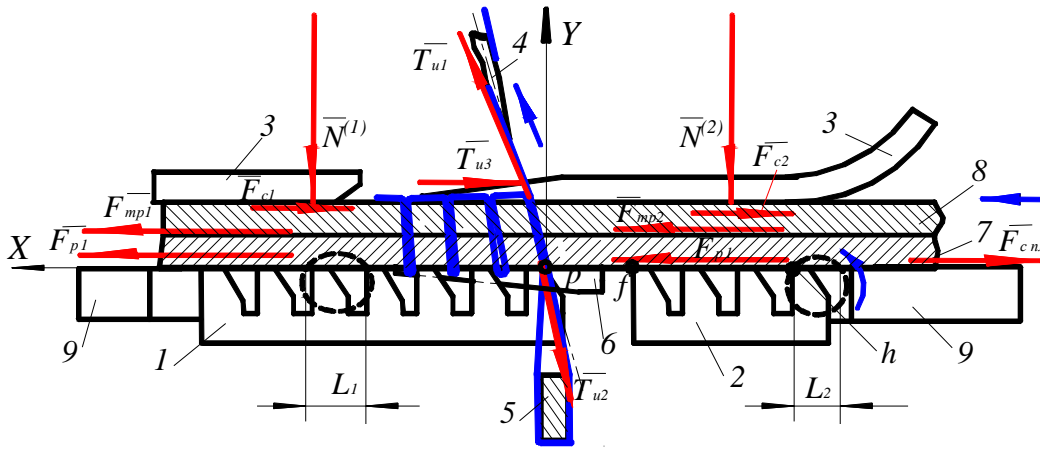


Рис. 1. Схема действия сил в начальный момент транспортирования материала дифференциальным двигателем

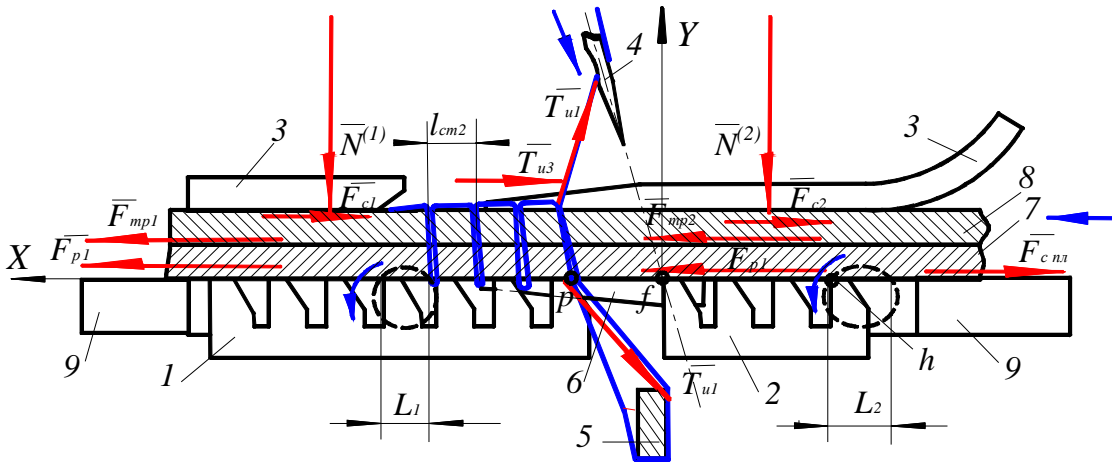


Рис. 2. Схема действия сил при окончании транспортирования легкорастяжимых материалов

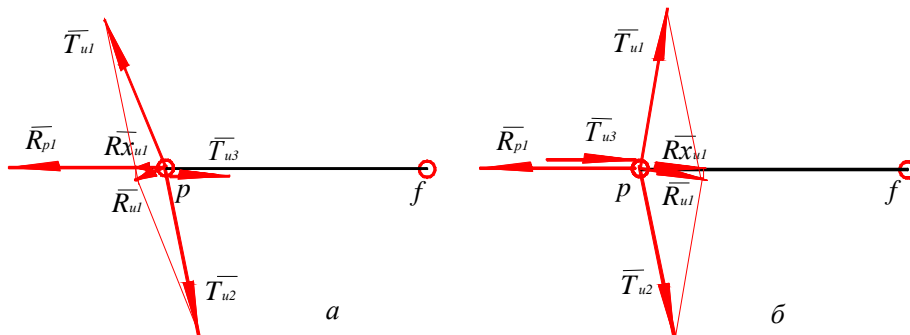


Рис. 3. Силы, действующие на участок $p-f$ (между рейками) материала: a - в начале и $б$ - при окончании транспортирования

Со стороны основания прижимной лапки 3 на верхний слой 8 материала действуют силы сопротивления:

$$F_{c2} = m_n \cdot N^{(2)};$$

$$F_{c1} = m_n \cdot N^{(1)},$$

где m_n – коэффициент трения между верхним слоем 8 материала и подошвой прижимной лапки 3 (при отсутствии скольжения равный коэффициенту трения покоя, а при проскальзывании – коэффициенту трения скольжения).

Условиями надежного и качественного (со стабильной частотой стежков в строчке) перемещения материала каждой из реек являются:

а) отсутствие проскальзывания между рейками и материалом

$$F_{p1} > F_{c1} + T_{u3} \text{ и } R_{Xu1} \quad (1)$$

$$F_{p2} > F_{c2} + G_{mk}; \quad (2)$$

б) отсутствие проскальзывания между слоями материала

$$F_{mp1} > F_{c1} \quad (3)$$

$$F_{mp2} > F_{c2} + G_{mk}^1, \quad (4)$$

где T_{u3} – сила натяжения нитки, действующая вдоль стежка (рис. 1, 2 и 3);

R_{Xu1} – результирующая сила действующая вдоль строчки на материал со стороны нитки, проходящей через материал, $R_{Xu1} = f(T_{u1})$.

В образовании краеобметочного стежка участвует игла 4 и петлитель 5, которые формируют переплетения ниток иглы и петлителя. На пальце 6 игольной пластины 9 и пальце прижимной лапки 3 формируются переплетения ниток, что предотвращает деформацию материала по ширине строчки.

Натяжения игольной нитки T_{u1} (рис. 4) в процессе образования цепного стежка, имеет два периода нагружения [2]: I – при проведении иглой нитки через материал ($j = 90^\circ \text{К} 180^\circ$) и II – при продвижении материала $j = 300^\circ \text{К} 380^\circ$. Крайнее верхнее положение иглы соответствует $j = 0^\circ$.

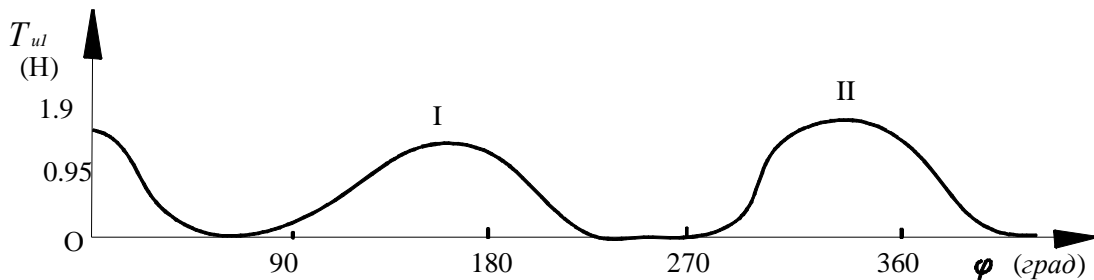


Рис. 4. График натяжения игольной нитки при образовании трехниточного краеобметочного стежка 504 типа

Тонкие материалы, такие как шелк, тафта и т.п., не деформируются по толщине и устойчивы к растяжению по длине, но легко сжимаются (сморщиваются) вдоль линии строчки. Чтобы не происходило этого вида стягивания материала от действия сил T_{u3} и R_{Xu1} натяжения игольной нитки, необходимо придать материалу большую прочность к сжатию вдоль линии строчки растянув на участке $p-f$ (между рейками) формирование нового стежка. Поэтому, при обработке тонких материалов за счет растяжения материала рейками 1 и 2, которое происходит при превышении величины хода основной рейки над дополнительной $L_1 > L_2$, обеспечивается растяжения материала силой R_{p1} , а следовательно, и большая ее устойчивость к сжатию. На участке $p-f$ на материал действует сила по закону Гука

$$R_{p1} = k \cdot \Delta_L,$$

где k – коэффициент упругости материала, зависящий от его свойств и размеров;

$\Delta_L = L_1 - L_2$ – величина удлинения ткани на участке $p-f$ между рейками 1 и 2 в зоне формирования стежка. Также данную деформацию можно представить через уравнение деформации материала

$$s_{ab} = E \cdot e_x, \quad (5)$$

где E – модуль упругости, $e_x = \Delta_L / L_1$ – относительное удлинение.

Для устранения стягивания материала данная сила R_{p1} должна превышать сумму сил сжатия материала:

$$R_{p1} \geq R_{Xu1} + T_{u3} \quad (6)$$

Таким образом, в машинах для обработки тонких материалов дифференциальная подача материала должна иметь величину $\Delta_\phi < 1$, когда $\Delta_L > 0$.

При обработке легкорастяжимых материалов (рис. 5 и 6), к которым в первую очередь можно отнести трикотаж, происходит сжатие материалов прижимной лапкой по вертикали под действием силы и

матеріал не тільки сжимається на величину $\Delta_y^{(2)}$, но и удлинняется на величину $\Delta_x^{(2)}$ по горизонтали. Сжатие $\Delta_y^{(2)}$ материала достигает наибольшего значения под прижимной лапкой и рейкой 2 (участок $f-h$) под действием силы сжатия $N^{(2)}$ материала рейкой 2 и подошвой прижимной лапки 3

$$R_{сж2}^{(y)} = k_{сж} \cdot \Delta_y^{(2)}$$

где $k_{сж}$ – коэффициент упругости материала от действия сила сжатия по вертикали;

$\Delta_y^{(2)} = t_o - t_c$ – абсолютная деформация сжатия материала на участке $p-f$ по вертикали,

t_o и t_c – толщина материала без деформации и под действием прижимной лапки.

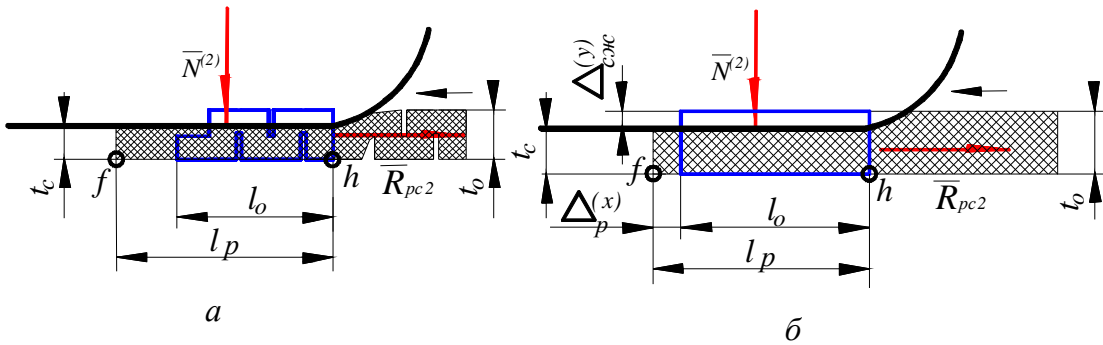


Рис. 5. Деформация материала прижимной лапкой: а - трикотаж ластик 2х2; б - трикотажное полотно ручной вязки

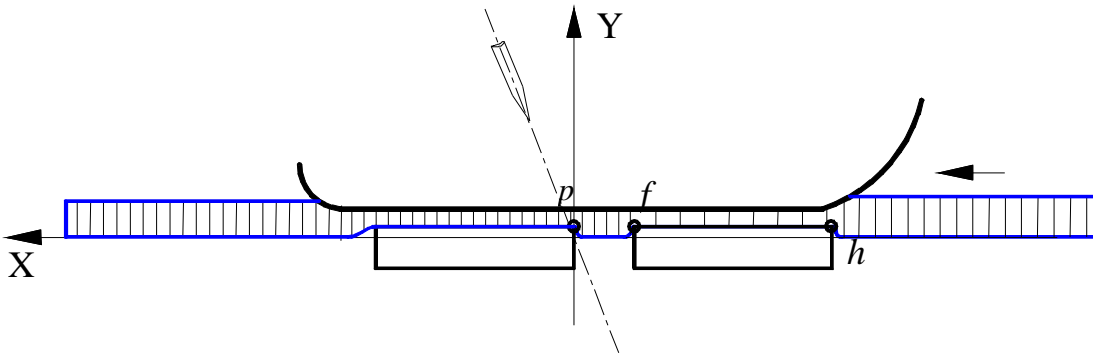


Рис. 6. Деформация легко растяжимых материалов при транспортировании

Удлинение материала $\Delta_x^{(2)}$ зависит от степени деформации материала по вертикали $\Delta_y^{(2)} / t_o$, от физико-механических свойств (растяжимости), вида переплетений, состава сырья и др. Деформация $\Delta_x^{(2)}$ вызывает действия силы упругости материала

$$R_{pc2} = k_{pc} \cdot \Delta_x^{(2)}$$

где k_{pc} – коэффициент упругости материала в горизонтальном направлении от сжатия силой $N^{(2)}$;

$\Delta_x^{(2)} = l_p - l_o$; l_o, l_p – первоначальная и после деформации длина участка $f-h$ материала (рис. 5).

При деформации возникает напряжение $s_{ac}^{(2)} = N^{(2)} / S^{(2)}$, которое зависит от свойств материала и его параметров,

$$s_{ac}^{(2)} = E(e_x + e_y)$$

где $e_x = \Delta_x^{(2)} / l_p$ – относительное удлинение по горизонтали; $e_y = \Delta_y^{(2)} / t_o$ – относительное сжатие по вертикали.

Также на удлинение $\Delta_x^{(2)}$ материала влияет и предварительное его растяжения Δ_{pc} под действием силы трения $F_{c_{пл}}$ (рис. 1 и 2) материала по игольной пластине 9 и платформе машины. Сила $F_{c_{пл}}$ возникает от сопротивления $m_{пл} \cdot G_{тк-пл}$ материала при его скольжении по поверхности платформы

машины и от действия силы тяжести $G_{mk-вес}$ от свисающего со стола материала:

$$F_{c\ nл} = m_{нл} \cdot G_{mk-нл} + G_{mk-вес} ,$$

где $m_{нл}$ – коэффициент трения скольжения материала по поверхности платформы, $G_{mk-нл}$ – вес участка ткани, действующий на платформу машины.

Чтобы при транспортировании легко растяжимых материалов не происходило проскальзывания необходимо в условия продвижения 1...4 учесть действия сил на материал со стороны нитки, прижимной лапки и рейки (рис. 7).

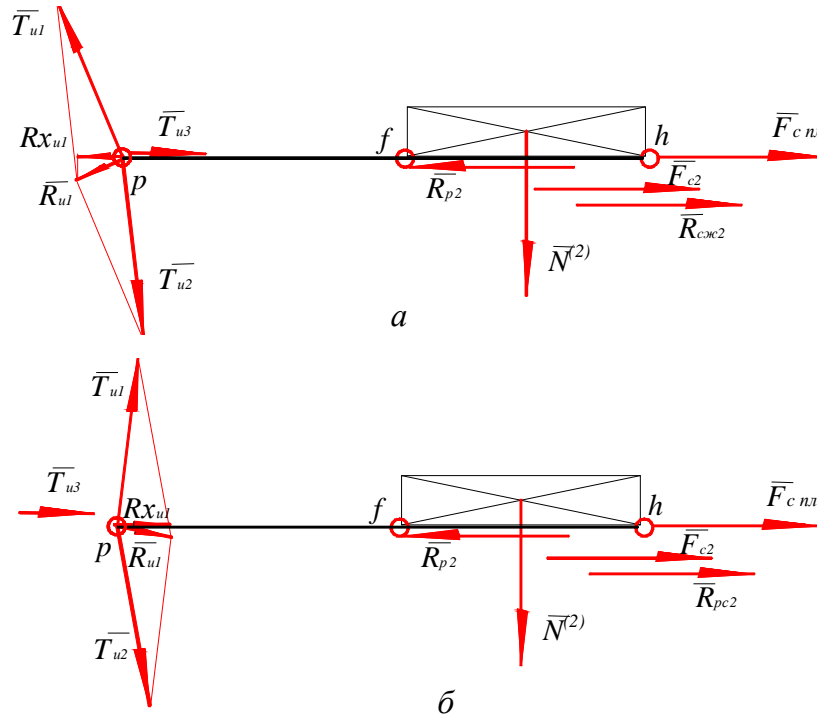


Рис. 7. Силы, действующие на участок p-f-h материала

На участке p – f активного формирования стежка материал сжимается за счет действия сил:

- силы сжатия R_{p2} материала рейкой 2 за счет разности ее хода с рейкой 1

$$R_{p2} = k_c \cdot \Delta_L ,$$

где k_c – коэффициент упругости материала к действию сила сжатия; $\Delta_L = L_2 - L_1$ – абсолютная деформация сжатия материала на участке p – f;

- сил натяжения нитки T_{u3} , R_{xu1} и др.

Для устранения деформации $\Delta_x^{(2)}$ и Δ_{pc} растяжения материалов от действия сил $F_{c\ nл}$ и R_{p2} перед зоной f – h формирования стежка установить разность хода $\Delta_L = L_2 - L_1$ реек 1 и 2 равную

$$\Delta_L + \Delta_T \approx \Delta_x^{(2)} + \Delta_{pc} \tag{7}$$

где Δ_T – деформация сжатия материала за счет действия силы натяжения игольной нитки на материал;

$\Delta_T = l_{cm1} - l_{cm2}$; l_{cm1} и l_{cm2} – длина стежка до и после действия натяжения нитки.

Таким образом, в машинах для обработки легко растяжимых материалов (трикотаж, джерси, трико и т.п.) дифференциальная подача материала должна иметь величину $\Delta_\theta > 1$, когда $|\Delta_L| > 0$.

При проведении иглой игольной нитки через материал (рис. 8,а) происходит

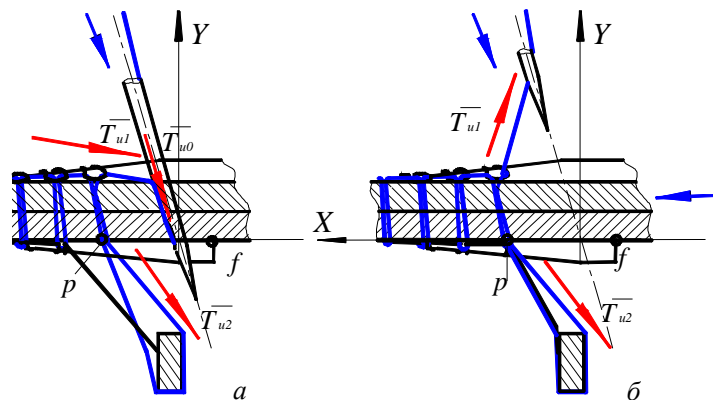


Рис. 8. Этапы затяжки игольной нитки в стежке

первый этап затяжки игольной нитки в стежке (пик I на графике, рис. 4). Второй этап затяжки игольной нитки (пик II на графике) в стежке происходит по окончанию перемещения материала рейками (рис. 8,б). Для устранения стягивания материала в этот период образования стежка необходимо выполнить не только условия 6...7, но и учесть влияния натяжения на формирования стежка на первом этапе затяжки нитки в стежке.

Для качественного и надежного осуществления рабочего процесса перемещения материала (условия 1...4) необходимо также наличие фиксации материала на игольной пластине прижимной лапкой. После смещения зубьев рейки ниже уровня игольной пластины материал под действием сил сцепления между материалом и прижимной лапкой F_{c1} и F_{c2} , а также – между материалом и игольной пластиной $F_{иг.пл}$ фиксирует положение материала относительно иглы. Для увеличения силы сцепления $F_{иг.пл}$ между игольной пластиной и материалом на участке $p-f$ на игольной пластине выполняют поперечные углубления (гребенку). Деформация материала на участке формирования стежка скрепляется нитками стежка при новом проколе его иглой. Натяжение игольной нитки T_{u1} , с которым она воздействует на материал при проведении иглой нитки, может вызвать деформацию материала вдоль стежка, если будет нарушено условие:

- для легких тканей

$$s_m \leq s_{ab} \quad \text{или} \quad \frac{T_{u1}}{S_{cm}} \leq E \cdot e_x; \quad (8)$$

- для легкорастяжимых материалов

$$s_m \leq s_{bc} \quad \text{или} \quad \frac{T_{u1}}{S_{cm}} \leq E(e_L + e_T), \quad (9)$$

где s_{ab} и s_{bc} – нормальное напряжение в материале на участке формирования стежка, созданное от растяжения (4) или сжатия материала рейками соответственно; S_{cm} – площадь занимаемая стежком;

$e_L = \Delta_L / L_2$ и $e_T = \Delta_T / l_{cm2}$ – относительное сжатие материалов рейками и ниткой.

Выводы

Представленный механизм возникновения деформации материала указывает, что основными причинами стягивания материала является нарушение одного из условий 5...9. Нарушение условий 5...9 может быть вызвано нарушением правил эксплуатации, технологических режимов выполнения операций, выполнения ручных приемов при шитье и др.

При эксплуатации швейной машины для устранения причин стягивания материала прежде всего важно выполнение правильной наладки не только натяжения ниток T_u , величины дифференциала Δ_θ , но и давления прижимной лапки N , распределения натяжения нитки между этапами ее затяжки в стежке и др. Оператор или программа управления машиной при выполнении регулировок должен учитывать физико-механические свойства материала, вид переплетения, коэффициент тангенциального сопротивления и другие его параметры.

Математические модели (1...9) могут служить в качестве диагностической модели для определения причин деформации материала при выполнении машинного стежка и способов их устранения, а также для построения систем самодиагностики.

Данная модель также была апробирована при разработке бытовых краеобметочных машин серии «Прима» (Чебоксары, Россия) и может быть использована в моделировании функционирования механизмов транспортирования как краеобметочных машин, так и других видов швейных машин, обрабатывающих легкорастяжимые ткани.

Литература

1. Шаньгина В.Ф. Соединение деталей одежды / Шаньгина В.Ф. – М. : Легкая индустрия, 1976 . – 208 с.
2. Ермаков А. Проектирование процессов гибких швейных технологических систем. Компьютерное проектирование рабочих процессов швейных машин стачивающе-обметочного стежка гибкого типа : [монография] [Электронный ресурс] / А. Ермаков, С. Ермаков. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – Режим доступа : <https://www.ljubluknigi.ru/store/ru/book>

References

1. Shangina V.F. Soedinenie detaley odezhdyi. – M.: Legkaya industriya, 1976 . – 208 p.
2. Ermakov A., Ermakov S. Proektirovanie protsessov gibkih shveynyih tehnologicheskikh sistem. Kompyuternoe proektirovanie rabochih protsessov shveynyih mashin stachivayusche-obmetochnogo stezhka gibkogo tipa: monografiya. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012 – <https://www.ljubluknigi.ru/store/ru/book>

Рецензія/Peer review : 21.3.2013 р.

Надрукована/Printed :21.4.2013 р.