

УДК 677.053.74.001.5

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НИТОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ШВЕЙНОЙ МАШИНЕ ЧЕЛНОЧНОЙ СТРОЧКИ\***

### **THE QUALITY CONTROL OF A FILAMENT JOINT AT A SEWING MACHINE OF A SHUTTLE SEAM**

*Н.А. КУЛИДА, А.Н. КУЛИДА, Е.Н. НИКИФОРОВА*  
*N.A. KULIDA, A.N. KULIDA, E.N. NIKIFOROVA*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**  
**(Ivanovo State Textile Academy)**  
E-mail: info@igta.ru

*Обоснована возможность контроля качества ниточного соединения по длине игольной нити, расходуемой на образование стежка. Для контроля малых изменений расхода разработан оригинальный сенсор акустического шума, возникающего при трении движущейся игольной нити о чувствительный элемент сенсора в период образования стежка. Предложено включить в состав микропроцессорной системы контроля сенсор угла поворота вала швейной машины – инкрементальный энкодер, а нарушения процесса стачивания устанавливать по соответствию количества импульсов энкодера за время импульса сенсора движения игольной нити требуемому значению.*

*The possibility of a quality control of a filament joint endways a needle thread spent for formation of a stitch has been proved. The original sensor control of acoustic noise arising under the friction of a moving needle thread on a sensitive element of a sensor control in formation of a stitch has been developed for control of small changes of consumption. It is offered to include a sensor control of a turning angle of the sewing machine shaft – an incremental encoder – in the structure of the microprocessor monitoring system, and to install the failures of a grinding process in the conformity of encoder impulses quantity during an impulse of a sensor control of a needle thread movement with the demanded meaning.*

---

\* Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МД-1102.2011.8).

**Ключевые слова:** швейная машина, ниточное соединение, качество, игольная нить, трибоакустический сенсор, инкрементальный энкодер, микропроцессорная система.

**Keywords:** a sewing machine, a filament joint, quality, a needle thread, a triboacoustic sensor control, an incremental encoder, a microprocessor system.

При соединении деталей на швейной машине челночной строчки возможны различные дефекты, появляющиеся в результате нарушений процесса стачивания. Например, если игольная нить не захватывает челночную, наблюдается пропуск стежков, в результате ухудшается внешний вид швейного изделия, снижается прочность шва, а при неоднократных пропусках стежков игольная нить обрывается, что вызывает снижение производительности. При значительном отклонении натяжения игольной или челночной нитей от требуемого их переплетение в строчке происходит не в середине пакета соединяемых материалов, что также вызывает ухудшение внешнего вида изделия и снижение прочностных показателей ниточного соединения. Кроме того, в случае чрезмерного натяжения игольной или челночной нитей возможно стягивание материала. И, наконец, при проскальзывании материала изделия относительно транспортирующей рейки уменьшается длина стежка.

Наряду с отмеченными дефектами ниточного соединения в процессе стачивания возможны обрыв или доработка как игольной, так челночной нитей. Перечисленные дефекты и нарушения, а также необходимость обеспечения высокого качества ниточного соединения и большой производительности процесса требуют его автоматизации.

Ранее [1] была показана возможность автоматического прерывания процесса стачивания при обрывах или доработке игольной и (или) челночной нитей путем контроля расхода игольной нити с помощью трибоакустического сенсора (далее условно трибосенсор), который может быть либо совмещен с натяжным устройством игольной нити, либо представлять собой самостоятельную конструкцию, располагаемую на рукаве машины, на участке между ка-

тушкой с нитью и регулятором натяжения. Во втором варианте игольная нить зажимается между двумя пластинами – одной перемещающейся на оси и другой – неподвижной. Неподвижная пластина соединена с пьезоэлектрическим преобразователем, а перемещающаяся – при заправке нити может отводиться от неподвижной пластины, кроме того, эта пластина подпружинена, что дает возможность создавать надежный контакт пластин с нитью и регулировать ее дополнительное натяжение.

Проанализируем возможность применения предложенного способа для автоматического контроля качества ниточного соединения на швейной машине челночной строчки.

В общем случае в процессе стачивания могут соединяться несколько деталей швейных изделий из материалов различной толщины или прошиваться несколько слоев материала, например, при прошивке одеял в пакет входят 2 слоя материала и слой наполнителя. Если число соединяемых слоев равно  $n$ , а толщина каждого слоя  $\Delta_i$ , то толщина пакета соединяемых

деталей равна  $\sum_{i=1}^n \Delta_i$ , а длина игольной нити, расходуемой на один стежок, при условии, что переплетение игольной и челночной нитей происходит в середине пакета, составляет

$$l_i = l_{cm} \left( 1 + \ell_{ct}^{-1} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right) \eta_{yt}, \text{ где } \eta_{yt} - \text{коэф-}$$

фициент утяжки ( $\eta_{yt} \leq 1$ ). Длительность импульса  $\tau_n$ , формируемого микропроцессорной системой при стягивании игольной нити с катушки, может быть определена из выражения:

$$\int_0^{\tau_n} V(t) dt = \alpha \ell_{cm} \left(1 + \ell_{ct}^{-1} \sum_{i=1}^n \Delta_i\right) \eta_{yt}, \quad (1)$$

где  $V(t)$  – скорость игольной нити;  $\alpha$  – коэффициент ( $\alpha \leq 1$ ), учитывающий, что трибосенсор формирует сигнал не в самом начале перемещения игольной нити и заканчивает чуть раньше его окончания, поскольку имеет некоторое пороговое значение скорости, соответствующее его срабатыванию.

Аналогично длительность импульса  $\tau_n^*$ , соответствующая перемещению игольной нити при различных нарушениях процесса

$$V(t) = \sum_{i=1}^3 dL_i(t)/dt - V_{\tau_0}(t) - V_{\alpha,\beta,\gamma}(t) - V_{L_i}(t),$$

$$V_{\tau_0}(t) = c^{-1} \left[ e^{\mu\alpha} L_1(t) + e^{\mu(\alpha+\beta)} L_2(t) + e^{\mu(\alpha+\beta+\gamma)} L_3(t) \right] \frac{d\tau_0(t)}{dt},$$

$$V_{\alpha,\beta,\gamma}(t) = \tau_0(t) \mu c^{-1} \left[ e^{\mu\alpha} L_1(t) \frac{d\alpha}{dt} + e^{\mu(\alpha+\beta)} L_2(t) \frac{d(\alpha+\beta)}{dt} + e^{\mu(\alpha+\beta+\gamma)} L_3(t) \frac{d(\alpha+\beta+\gamma)}{dt} \right],$$

$$V_{L_i}(t) = \tau_0(t) c^{-1} \left[ e^{\mu\alpha} \frac{dL_1(t)}{dt} + e^{\mu(\alpha+\beta)} \frac{dL_2(t)}{dt} \right].$$

Таким образом, скорость продольного перемещения игольной нити при стачивании, а следовательно, и длительность формируемых импульсов, определяются в первую очередь геометрией заправочной схемы, кинематическими характеристиками машины, натяжением игольной нити и ее деформацией в рассматриваемый период. Расчеты показывают, что скорость продольного перемещения увеличивается с ростом коэффициента жесткости с метрового отрезка нити и незначительно уменьшается с увеличением ее натяжения. Следовательно, длительность импульсов трибосенсора зависит не только от параметров строчки и ее качества, но и от скорости машины, физико-механических характеристик нити, используемой при стачивании, ее натяжения и др. Особо следует выделить зависимость длительности импульсов от скорости. Если при постоянной скорости стачивания для осуществления автоматического останова машины в случае об-

стачивания, например – при пропуске стежка, определяется из выражения

$$\int_0^{\tau_n^*} V^*(t) dt = \alpha \ell_{cm}, \quad (2)$$

где  $V^*(t)$  – скорость игольной нити в этот период.

Скорость перемещения игольной нити с учетом ее упругого деформирования определяется из системы уравнений, полученной в [1]. При этом в общем случае закономерность изменения скорости с обозначениями из [1] определяется из выражений:

рыва игольной или челночной нити достаточно было контролировать скважность формируемых импульсов, то в режиме изменяющейся скорости длительность импульсов не остается постоянной даже при штатном протекании процесса стачивания. Поэтому представляет интерес зависимость скважности от параметров как формируемого стежка, так и закономерности изменения скорости машины.

Рассмотрим сначала влияние скорости на период следования импульсов. За каждый оборот главного вала швейной машины трибосенсор формирует один импульс, период следования импульсов определяется закономерностью изменения скорости, которая в общем случае является известной функцией времени  $\omega_b(t)$ , откуда период следования может быть определен из интеграла  $\int_0^T \omega_b(t) dt = 2\pi$ . Если, например, в режиме разгона маши-

ны  $\omega_b(t) = \omega_0 + \varepsilon t$ , то длительность первого периода определяется из уравнения  $T_1^2 + 2\omega_0\varepsilon^{-1}T_1 - 4\varepsilon^{-1}\pi = 0$  и составит:

$$T_1 = \varepsilon^{-1} \left( \sqrt{\omega_0^2 + 4\varepsilon\pi} - \omega_0 \right), \quad \text{второго:}$$

$$T_2 = \varepsilon^{-1} \left( \sqrt{\omega_0^2 + 8\varepsilon\pi} - \sqrt{\omega_0^2 + 4\varepsilon\pi} \right),$$

третьего:

$$T_3 = \varepsilon^{-1} \left( \sqrt{\omega_0^2 + 12\varepsilon\pi} - \sqrt{\omega_0^2 + 8\varepsilon\pi} \right) \text{ и т.д.}$$

В частном случае  $\omega_0 = 0$ ,  $T_1 = 2\sqrt{\varepsilon^{-1}\pi}$ ,

$$T_2 = 2\sqrt{\varepsilon^{-1}\pi}(\sqrt{2}-1), \quad T_3 = 2\sqrt{\varepsilon^{-1}\pi}(\sqrt{3}-\sqrt{2}),$$

откуда следует, что с ростом скорости период следования импульсов уменьшается.

В случае равнозамедленного останова машины период следования импульсов определяется из полученных выражений при условии, что величина ускорения берется со знаком минус.

Длительность импульсов определяется либо из выражения (1) при штатном протекании процесса стачивания, либо из выражения (2), когда возникают те или иные нарушения. При этом, поскольку в том и другом случае скорость игольной нити в значительной степени зависит от скорости главного вала машины (выражение для скорости продольного перемещения игольной нити в [1] получено при условии, что угловая скорость  $\omega_b$  остается постоянной, в противном случае вместо  $\omega_b$  нужно положить  $d\phi/dt$ ), длительность импульсов трибосенсора также зависит от скорости. Для установления зависимости длительности

импульсов от скорости заметим, что при очередном образовании стежка расходуется игольная нить длиной

$$\ell_i = \ell_{cm} \left( 1 + \ell_{cr}^{-1} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right) \eta_{yt}. \quad \text{Для того, чтобы}$$

нитепритягиватель стянул с катушки такую длину нити, главному валу машины нужно повернуться на угол  $\phi_\Delta$ , который в общем случае является величиной переменной, зависящей от длины стежка, толщины стачиваемых деталей и коэффициента утяжки, то есть  $\phi_\Delta$  является функцией  $\ell_{cr}$ ,  $\Delta$ ,  $\eta_{yt}$ . Этот угол зависит также от скорости перемещения игольной нити в этот период, которая, в свою очередь, как установлено ранее, определяется кинематическими параметрами швейной машины и физико-механическими характеристиками игольной нити. Поэтому длительность формируемого трибосенсором импульса определяется из выражения:

$$\int_0^{\tau_b} \omega_b(t) dt = \phi_\Delta \left[ \ell_{cr}, \Delta, \eta_{yt}, V(t) \right]$$

и в случае  $\omega_b(t) = \omega_0 + \varepsilon t$  составит:

$$\tau_{и1} = \varepsilon^{-1} \left[ \sqrt{\omega_0^2 + 2\varepsilon\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yt}, V)} - \omega_0 \right]. \quad (3)$$

При дальнейшем разгоне машины длительность импульсов во втором и третьем периодах равна:

$$\tau_{и2} = \varepsilon^{-1} \left[ \sqrt{\omega_0^2 + \varepsilon \left[ 4\pi + 2\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yt}, V) \right]} - \sqrt{\omega_0^2 + 4\varepsilon\pi} \right], \quad (4)$$

$$\tau_{и3} = \varepsilon^{-1} \left[ \sqrt{\omega_0^2 + \varepsilon \left[ 8\pi + 2\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yt}, V) \right]} - \sqrt{\omega_0^2 + 8\varepsilon\pi} \right]. \quad (5)$$

В частном случае  $\omega_0 = 0$

$$\tau_{и1} = \sqrt{2\varepsilon^{-1}\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yt}, V)},$$

$$\tau_{и2} = 2\sqrt{\varepsilon^{-1}\pi} \left[ \sqrt{1 + 0,5\pi^{-1}\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yt}, V)} - 1 \right] \text{ и}$$

$$\tau_{и3} = 2\sqrt{2\varepsilon^{-1}\pi} \left[ \sqrt{1 + 0,125\pi^{-1}\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yt}, V)} - 1 \right].$$

Для равнозамедленного движения, как и в случае определения периода  $T$ , в полученных выражениях величина углового

ускорения подставляется со знаком минус.

Скважность сформированных трибо-сенсором импульсов:

$$v_1 = \frac{\sqrt{\omega_0^2 + 2\varepsilon\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)} - \omega_0}{\sqrt{\omega_0^2 + 4\varepsilon\pi} - \omega_0},$$

$$v_2 = \frac{\sqrt{\omega_0^2 + \varepsilon[4\pi + 2\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)]} - \sqrt{\omega_0^2 + 4\varepsilon\pi}}{\sqrt{\omega_0^2 + 8\varepsilon\pi} - \sqrt{\omega_0^2 + 4\varepsilon\pi}},$$

$$v_3 = \frac{\sqrt{\omega_0^2 + \varepsilon[8\pi + 2\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)]} - \sqrt{\omega_0^2 + 8\varepsilon\pi}}{\sqrt{\omega_0^2 + 12\varepsilon\pi} - \sqrt{\omega_0^2 + 8\varepsilon\pi}},$$

или в частном случае  $\omega_0 = 0$ :

$$v_1 = \sqrt{0,5\pi^{-1}\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)},$$

$$v_2 = \frac{\sqrt{1 + 0,5\pi^{-1}\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)} - 1}{\sqrt{2} - 1},$$

$$v_3 = \frac{\sqrt{1 + 0,125\pi^{-1}\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)} - 1}{\sqrt{1,5} - 1},$$

откуда следует, что скважность не остается постоянной. По этой причине устанавливать нарушения процесса стачивания путем контроля скважности формируемых импульсов в случае переменной скорости невозможно. Для осуществления контроля необходимо ввести в состав микропроцессорной системы контроля сенсор угла поворота главного вала машины. С его помощью формируются импульсы с длительностью, зависящей от скорости машины. В качестве такого сенсора можно использовать инкрементальный энкодер. Если сматывание игольной нити осуществляется при повороте вала машины на угол  $\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)$ , то энкодер с разрешением  $m$  должен сформировать  $\ell = (2\pi)^{-1}m\phi_\Delta(\ell_{cr}, \Delta, \eta_{yr}, V)$  импульсов с периодом их следования  $T_s = 60(nm)^{-1}$ , где  $n$  – угловая скорость машины, об/мин. Таким образом, для осуществления контроля качества ниточного соединения достаточно подсчитать количество импульсов энкодера  $\ell$  за время длительности импуль-

са трибосенсора  $\tau_n$ . Отклонение количества импульсов от  $\ell$  свидетельствует о нарушениях процесса стачивания.

На швейной машине кл. 116-2 сматывание игольной нити с катушки на максимальной длине стежка осуществляется при повороте главного вала машины на угол  $18^\circ$ . За этот период времени энкодер при разрешении  $m=1024$  имп/об должен сформировать  $\ell \approx 51$  импульс. При угловой скорости машины  $n=1200$  об/мин период следования импульсов энкодера составит  $4,88 \cdot 10^{-2}$  мс.

Для повышения точности контроля качества ниточного соединения, учитывая отмеченный выше случайный характер формирования импульсов трибосенсора, рекомендуется использовать метод накопления данных о длительности импульсов в нескольких периодах образования стежка с последующей их статистической обработкой [2].

## ВЫВОДЫ

1. Показана возможность осуществления контроля качества ниточного соединения на швейной машине челночной строчки посредством измерения длины игольной нити, расходуемой на образование стежка.

2. Параметры формируемого трибосенсором импульсов при перемещении игольной нити во время образования стежка зависят от закономерности изменения угловой скорости вала швейной машины и по этой причине контроль качества ниточ-

ного соединения по скважности импульсов трибосенсора невозможен.

3. Для осуществления контроля предложенным методом рекомендовано включить в состав микропроцессорной системы контроля инкрементальный энкодер – сенсор угла поворота вала машины и соответствие качества ниточного соединения требуемому определять по соответствию числа импульсов энкодера за время длительности импульса трибосенсора заданному значению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кулида Н.А., Кулида А.Н. Скорость продольного перемещения игольной нити в зоне нитенатяжного устройства швейной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №1. С. 67...72.

2. Вильнер В.Г., Ларюшин А.И., Рудь Е.Л. Методы повышения точности импульсных лазерных дальномеров // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2008, №3. С.118...123.

Рекомендована кафедрой инженерной графики.  
Поступила 16.12.11

---