УДК 687.053.001.22

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ОСТАНОВ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ ПРИ ОБРЫВЕ ИГОЛЬНОЙ ИЛИ ЧЕЛНОЧНОЙ НИТИ

Н.А. КУЛИДА, А.Н. КУЛИДА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Несвоевременное обнаружение нарушений подачи игольной (верхней) или челночной (нижней) нити на швейной машине челночной строчки, связанных с их обрывами или доработкой шпули и катушки, приводит к уменьшению производительности, а зачастую и к снижению качества готового швейного изделия.

Особую актуальность задача автоматического обнаружения нарушений подачи нитей имеет при работе швейной машины в автоматическом режиме, например, при изготовлении одеял.

Принцип действия устройства AutoStop [1], осуществляющего автоматический останов швейной машины челночной строчки при указанных нарушениях, основан на контроле длины игольной нити, расходуемой на образование одного стежка, то есть за 1 оборот ее главного вала.

Измерение длины может осуществляться с помощью датчика на основе мерильного колеса (вала), расположенного на одной оси с диском бесконтактного преобразователя угловых перемещений. При обрыве игольной нити или доработке катушки подача игольной нити прекращается, а при обрыве челночной нити (доработке шпули) длина сматываемой с катушки игольной нити снижается ниже некоторого критического уровня. Микропроцессорный блок управления в обоих случаях вырабатывает команду на отключение машины.

Точность контроля при обрыве игольной нити, определяемая количеством незафиксированных нарушений и ошибочных срабатываний, зависит, в основном, от точности используемых технических компонентов устройства и их надежности, а при нарушениях, связанных с подачей челночной нити, – наряду с указанным, – от того, насколько точно вычислено критическое значение длины расходуемой игольной нити, которая определяется шагом строчки, толщиной стачиваемых материалов, их плотностью и жесткостью, а

также натяжением обеих нитей.

Определим условия контроля челночной нити по длине расходуемой игольной нити при образовании нормального двухниточного челночного стежка, предполагая, что натяжение нитей обеспечивает их переплетение на глубине, равной толщине верхнего сшиваемого материала. Если эта толщина составляет Δ, а шаг строчки равен $\ell_{ст}$, то длина игольной нити, расходуемая на образование одного стежка (режим 1), равна $\ell_1 = (\ell_{ст} + 2\Delta)\eta_{ут}$, где $\eta_{ут}$ – коэффициент утяжки, зависящий от плотности и жесткости стачиваемых материалов [2].

В случае обрыва или доработки челночной нити (режим 2) длина игольной нити ℓ_2 равна перемещению материала, осуществляемого механизмом транспортирования, то есть шагу строчки $\ell_2 = \ell_{ст}$.

Относительное изменение длины составляет

$$\delta_\ell = \left[(\ell_{ст} + 2\Delta)\eta_{ут} - \ell_{ст}\right] \Big/ (\ell_{ст} + 2\Delta)\eta_{ут} = 1 - \left[(1 + 2\Delta / \ell_{ст})\eta_{ут}\right]^{-1}. \quad (1)$$

Из формулы (1) следует, что изменение длины δ_ℓ с увеличением коэффициента утяжки $\eta_{ут}$ и отношения $\Delta / \ell_{ст}$ возрастает (рис. 1). При некотором значении коэффициента $\eta_{ут}^{кр}$, назовем его критическим, значение δ_ℓ становится равным нулю, что свидетельствует о невозможности контроля челночной нити по подаче игольной нити.

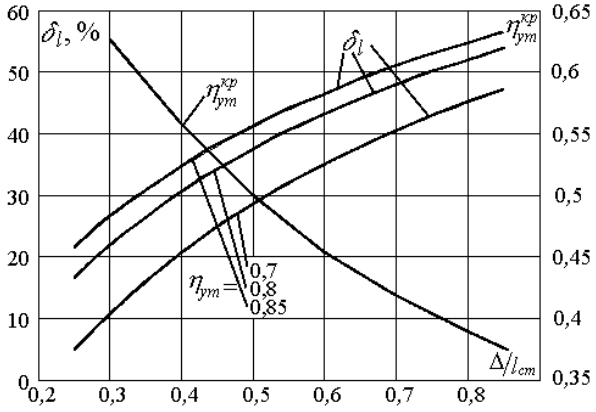

Рис. 1

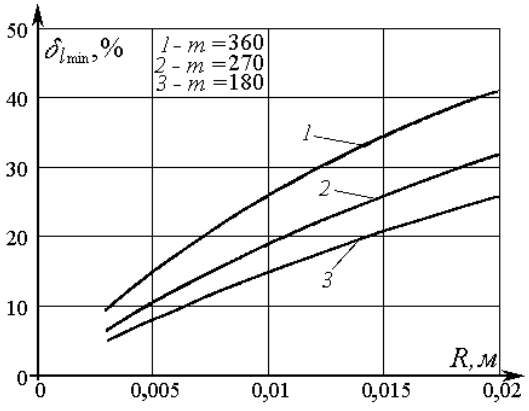

Рис. 2

Из (1) следует:

$$\eta_{ут}^{кр} = (1 + 2\Delta / \ell_{ст})^{-1}.$$

На рис. 2 представлена зависимость критического коэффициента утяжки от отношения толщины материала к длине стежка.

Если R – радиус колеса датчика длины игольной нити, а m – количество меток на диске бесконтактного (индуктивного или оптического) преобразователя, то при перемещении игольной нити в режимах 1 и 2 угол поворота колеса датчика составляет соответственно:

$$(\ell_{ст} + 2\Delta)\eta_{ут} R^{-1} \text{ и } \ell_{ст} R^{-1},$$

количество импульсов, сгенерированных преобразователем:

$$m(\ell_{ст} + 2\Delta)\eta_{ут}(2\pi R)^{-1}$$

и

$$\ell_{ст}(2\pi R)^{-1},$$

а их разность Δk равна:

$$\Delta k = m(\ell_{ст} + 2\Delta)\eta_{ут}(2\pi R)^{-1} - m\ell_{ст}(2\pi R)^{-1} = m\ell_{ст}(2\pi R)^{-1}[(1 + 2\Delta/\ell_{ст})\eta_{ут} - 1].$$

С учетом формулы (1):

$$\Delta k = m\ell_{ст}(2\pi R)^{-1}[(1-\delta_\ell)^{-1}-1].$$

Минимальная разность импульсов, которая может быть зафиксирована устройством, равна 1, поэтому $m\ell_{ст}(2\pi R)^{-1}[(1-\delta_\ell)^{-1}-1] = 1$, откуда можно найти минимальное значение относительного изменения длины сматываемой с катушки игольной нити, которое может быть обнаружено устройством:

$$\delta_{\ell\,min} = \frac{2\pi R}{m\ell_{ст}}\left(1+\frac{2\pi R}{m\ell_{ст}}\right)^{-1}. \quad (2)$$

На рис. 2 представлены зависимости $\delta_{\ell\,min}(R, m)$, показывающие, что для осуществления надежного обнаружения нарушений подачи челночной нити требуется весьма значительное изменение длины сматываемой игольной нити в режимах 1 и 2. Например, при радиусе колеса R = =0,01 м и числе меток диска преобразователя m = 180 относительное изменение длины сматываемой нити должно составлять 15% и более, что возможно, если толщина стачиваемого материала составляет не менее 30 % от длины стежка при коэффициенте утяжки 0,75 и более (рис. 1).

Вследствие этого предпочтительней контролировать длительность импульса, генерируемого датчиком, например, пьезоэлектрическим [3], во время сматывания игольной нити с катушки. В этом случае во время движения игольной нити формируется импульс τ, для измерения длительности которого используются тактовые импульсы генератора микропроцессора.

Длительность импульса в обоих режимах обратно пропорциональна угловой скорости $\omega_в$ главного вала машины и прямо пропорциональна величине $(\ell_{ст}+2\Delta)\eta_{ут}$ в режиме 1 и $\ell_{ст}$ в режиме 2.

В связи с этим для реализации алгоритма контроля челночной нити по длительности импульса необходим датчик угловой скорости главного вала машины, что, безусловно, усложняет устройство автоматического останова.

Вместе с тем следует заметить, что сигнал с датчика содержит информацию о скорости главного вала машины.

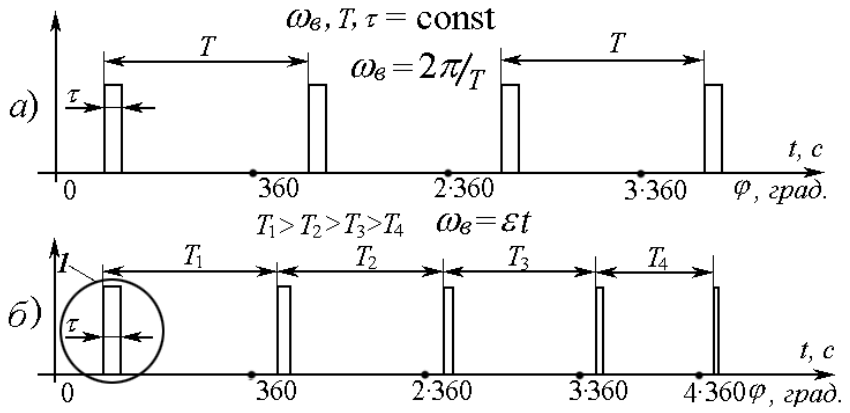

Рис. 3

На рис. 3 представлена временная диаграмма работы устройства при постоянной угловой скорости главного вала машины (а) и при ее разгоне (б).

Зависимость $\varphi(\ell)$ обусловливается заправочной схемой игольной нити и закономерностью перемещения нитепритягивателя. Для того чтобы скомпенсировать расход игольной нити на образование одного стежка, с катушки сматывается нить длиной $\ell_1 = (\ell_{ст}+2\Delta)\eta_{ут}$. Главный вал согласно цикловой диаграмме швейной машины при этом поворачивается на угол $\varphi(\ell_1)$ [2].

В режиме 2 компенсируется нить длиной $\ell_2 = \ell_{ст}$, а угол поворота равен $\varphi(\ell_2)$. Разница в длительности импульсов составляет $\Delta m = (T/2\pi)[\varphi(\ell_1) - \varphi(\ell_2)]$.

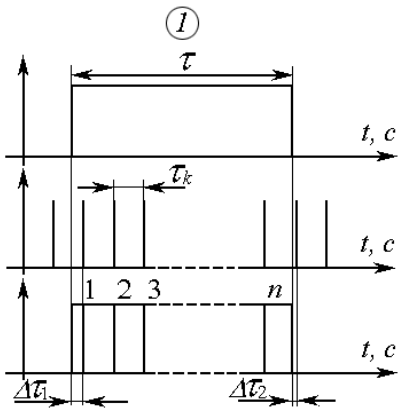

Рис. 3

Если для измерения временного интервала используется метод последовательного счета [4], то в соответствии с рис. 4, на котором представлен один из импульсов датчика перемещения игольной нити, можно записать $\tau = n/f_k + \Delta\tau_1 - \Delta\tau_2$, где n – количество импульсов за время τ ; f_k – частота импульсов квантующей последовательности; $\Delta\tau_1, \Delta\tau_2$ – составляющие погрешности измерения длительности импульса τ, показанные на рис. 4.

Длительность импульса составляет [4]: $\tau = n\tau_k + \Delta\tau_1 - \Delta\tau_2$, где $\tau_k = 1/f_k$ – период квантующей последовательности. Абсолютная погрешность измерения равна $\Delta\tau = \pm\delta_k n\tau_k \pm \tau_k$.

Отнеся абсолютную погрешность к измеренной длительности, получим относительную погрешность $\delta_\tau = \pm\delta_k \pm 1/n$, где δ_k – относительная погрешность генератора квантующей последовательности.

Составляющие погрешности распределены равномерно, а суммарная погрешность подчиняется треугольному распределению. Поэтому среднее квадратичное отклонение определяется из выражения $\sigma = \tau_k/\sqrt{6}$, а погрешность составляет $\Delta\tau(P) = z_p\sigma$, где z_p – квантильный коэффициент распределения Симпсона.

Относительное изменение длины расходуемой игольной нити не может быть меньше относительной погрешности измерения длительности импульса:

$$\delta_\tau = \Delta\tau(P)/(n\tau_k) = z_p\sigma/(n\tau_k) = z_p/(\sqrt{6}n). \quad (3)$$

Расчеты показывают, что при частоте генератора квантующей последовательности $f_k \approx 500$ кГц для швейной машины 22 кл. $\delta_{\ell\,min}$ не превышает 1 %. Таким образом, минимальное значение относительного изменения длины сматываемой с катушки нити, которое может быть зафиксировано микропроцессорным устройством, ограничивается частотой генератора квантующей последовательности и быстродействием микропроцессора.

Значение $\delta_{\ell\,min}$ зависит от угловой скорости главного вала.

Действительно, поскольку

$$\delta_\tau = z_p\sigma/(n\tau_k) = z_p\tau_k/(\sqrt{6}n\tau_k),$$

а

$$n\tau_k = \Delta m = (1/\omega_в)[\varphi(\ell_1) - \varphi(\ell_2)],$$

то

$$\delta_\tau = \frac{z_p\omega_в\tau_k}{\sqrt{6}[\varphi(\ell_1) - \varphi(\ell_2)]}.$$

Следовательно, для высокоскоростных швейных машин достижение требуемого значения $\delta_{\ell\,min}$ сопряжено с увеличением частоты генератора квантующей последовательности и быстродействия микропроцессора.

При практической реализации предложенного алгоритма контроля необходимо иметь в виду следующие обстоятельства. Во-первых, как показали экспериментальные исследования, реальная длительность формируемого устройством импульса τ несколько меньше расчетной.

Связано это с тем, что уровень высокочастотного сигнала пьезоэлектрического датчика зависит от скорости и натяжения

контролируемой нити [3], а скорость перемещения игольной нити в режимах 1 и 2 изменяется от нуля до некоторого максимального значения и затем в крайне верхнем положении глазка нитепритягивателя снова уменьшается до нуля.

Вследствие этого начало импульса несколько запаздывает относительно начала перемещения нити, пока ее скорость не увеличится до порогового уровня пьезоэлектрического датчика. И, наоборот, при уменьшении скорости задний фронт импульса соответствует не окончанию перемещения нити, а достижению снова ее скорости порогового уровня датчика.

Аналогичное сокращение длительности импульса имеет место и в режиме 2, когда происходит обрыв или доработка челночной нити.

Во-вторых, производство швейных изделий зачастую связано с обработкой участков стачиваемых материалов с увеличенной толщиной. При неизменной длине стежка $\ell_{ст}$ это увеличивает отношение $\Delta/\ell_{ст}$ и в соответствии с выражением (1) относительное изменение длины сматываемой игольной нити, поэтому точность контроля при обработке утолщенных участков не снижается.

В-третьих, измерение периода T следования импульсов датчика перемещения игольной нити так же, как и измерение длительности импульса τ, осуществляется с некоторой погрешностью, которая влияет на точность контроля челночной нити. Исследование влияния этой составляющей погрешности на функциональные параметры устройства представляет собой самостоятельную задачу и здесь не рассматривается.

С помощью устройства, реализующего разработанный алгоритм, достаточно просто осуществить диагностирование качества строчки. Контролируя расход игольной нити на образование заданного количества стежков и сравнивая его с расчетным, можно определять качество строчки.

Увеличение расхода игольной нити может быть следствием повышения натяжения челночной нити, либо снижения натяжения игольной нити, а уменьшение расхода, наоборот, может вызываться увеличением натяжения игольной нити или снижением челночной.

Кроме того, при изготовлении одеял изменение расхода игольной нити может вызываться неравномерностью толщины слоя утеплителя, что также диагностирует, в конечном итоге, качество готового швейного изделия.

Производственные испытания разработанного устройства осуществлены на машине для изготовления одеял. Хотя первоначально устройство разрабатывалось для контроля только игольной нити, в результате испытаний установлена возможность контроля и челночной нити.

ВЫВОДЫ

1. Определены условия осуществления косвенного контроля процесса стачивания материалов на швейной машине по длине игольной нити, расходуемой на образование одного стежка.

2. Существует критическое значение коэффициента утяжки, при котором процесс контроля подачи челночной нити по величине расхода игольной нити становится невозможным.

3. С помощью устройства, реализующего разработанный алгоритм, наряду с контролем игольной и челночной нитей, возможно диагностирование качества строчки и неравномерности толщины слоя утеплителя при изготовлении одеял.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кулида Н.А., Пелевин Д.В., Кулида А.Н.* II Ивановский инновационный салон “Инновации – 2005”. Каталог экспонатов. – Иваново, 2005.

2. *Вальщиков Н.М., Зайцев Б.А., Вальщиков Ю.Н.* – Л.: Машиностроение, 1973.

3. *Кулида Н.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №6. С.111…113.

4. *Кузнецов В.А., Долгов В.А., Коневских В.М. и др.* Измерения в электронике: Справочник / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 20.02.06.