

УДК 621.317.261

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРИКОТАЖНОЙ НИТИ

И.В. Брякин, И.В. Бочкарев

Разработан новый способ измерения скорости перемещения трикотажной нити, в котором в качестве идентификационного признака используется распределение линейной плотности по длине конкретного участка нити. Предложена аппаратная реализация этого способа.

Ключевые слова: трикотажная нить; бесконтактный контроль скорости движения нити; измерительный датчик линейной плотности; устройство контроля технологических параметров движущейся нити.

SYSTEM OF CONTROL OF SPEED OF MOTION OF KNITTED THREAD

I. V. Bryakin, I. V. Bochkarev

A new method for measuring the speed of movement of a knitted thread is developed, in which the distribution of the linear density along the length of a particular section of the yarn is used as an identification feature. The hardware implementation of this method is proposed.

Keywords: knitted thread; non-contact control of the speed of the thread; natural uneven distribution of the linear density along the length of the filament; linear density sensor; device for monitoring technological parameters of a moving thread.

В структуре промышленного производства Кыргызской Республики важное место занимает легкая промышленность. Ее развитию способствует целый ряд факторов, в частности, наличие собственного сырья и обеспеченность квалифицированными кадрами, а также высокий спрос на продукцию, как в самой республике, так и за ее пределами. При этом ведущей отраслью легкой промышленности республики является текстильная.

Основным инструментом для улучшения процессов текстильного производства является автоматизация всех его технологических процедур. Это возможно обеспечить лишь при наличии измерительной информации об отдельных технологических параметрах, характеризующих процесс или состояние объекта. Измерения параметров осуществляется с помощью разнообразных технических средств. Однако, несмотря на то, что разработки по улучшению их эксплуатационных характеристик ведутся достаточно давно, контроль параметров текстильных материалов зачастую производится несовершенными техническими средствами. Поэтому проблема создания надежных, достаточно простых методов и устройств контроля технологических характеристик текстильных материалов, применимых не только в лабораторных условиях, но и непосредственно

на технологическом оборудовании достаточно актуальна.

Для обеспечения высокого качества функционирования оборудования необходимо осуществлять постоянный контроль параметров заданных технологических операций. Такой контроль требует наличия соответствующих автоматических устройств, без которых нельзя не только в полном объеме реализовать технологические возможности оборудования и повысить производительность труда, но и в принципе создать автоматическую систему управления. Задачей таких автоматических устройств является контроль различных физических величин, определяющих качество работы оборудования. В частности, для трикотажного оборудования необходим постоянный контроль нитеподдачи [1], а наиболее важным контролируемым параметром является линейная скорость нити. Непрерывной контроль скорости движения нити позволяет обеспечить обратную связь в системе автоматического управления технологическим процессом, например, регулировать скорость вязания в соответствии с качеством нитей. Поэтому так необходима разработка способов и устройств для контроля скорости перемещения нити.

Известно, что для решения задач контроля технологических параметров нитеобразных материалов

(НМ), являющихся продуктами различных видов текстильных производств, существует множество различных методов и технических средств [2, 3]. На практике широко используется косвенный способ контроля скорости, основанный на измерении частоты вращения мерительного ролика, приводимого в движение самой нитью, с последующим вычислением по величине этой частоты вращения линейной скорости нити. Но такой способ обладает низкой точностью вследствие проскальзывания нити относительно ролика.

Большой эффективностью обладают бесконтактные методы контроля [4], для которых характерно полное отсутствие механического контакта измерительного датчика с исследуемым объектом и как следствие – чрезвычайно малый энергообмен между ними. Применение таких методов контроля непосредственно в рабочей зоне технологического процесса не нарушает номинальных режимов движения исследуемых НМ и не изменяет исходных параметров самого технологического процесса. Также бесконтактные методы контроля позволяют создавать измерительные системы с большой информационной избыточностью, ориентированные на широкий круг вопросов технологического контроля.

При реализации данной группы методов измерения скорости и длины движущегося НМ наибольшее применение нашли системы, основанные на корреляционном принципе [5]. Эти системы отличает высокая помехоустойчивость корреляционного принципа и возможность применения первичных преобразователей, работающих без непосредственного контакта с исследуемым объектом: оптических, ультразвуковых, электромагнитных, акустических, радиолокационных и пр. В основу этого принципа положено свойство аналогичных друг другу сигналов с первичных измерительных преобразователей обладать временным запаздыванием относительно друг друга (транспортное запаздывание) при взаимодействии объекта с окружающей средой. Искомая величина в этом случае, т. е. скорость перемещения нити, является детерминированной функцией от транспортного запаздывания, а само транспортное запаздывание может быть определено путем поиска максимумов взаимной корреляционной функции пар входных сигналов. Эта процедура выполняется блоком корреляционного измерителя транспортного запаздывания, в состав которого входят коррелятор и экстремальный регулятор.

При реализации оптического варианта данного метода на поверхность объекта, движущегося относительно измерителя, проецируются две узкие световые полосы, отражения которых воспринимаются двумя соответствующими фоточувстви-

тельными элементами. Выходные сигналы этих элементов изменяются в соответствии с яркостью отраженного светового луча, связанной, в свою очередь, с оптической неоднородностью поверхности объекта. Пространственный сдвиг между световыми штрихами в этом случае определяет измерительную базу корреляционного измерителя L . При отсутствии шумов сигнал со второго чувствительного элемента повторяет сигнал с первого фоточувствительного элемента с транспортным запаздыванием t_3 , обратно пропорциональным скорости V поверхности объекта относительно измерителя:

$$V = L/t_3 \quad (1)$$

Формируемый массив отсчетов выходных сигналов, отражающих естественную флуктуацию оптической неоднородности поверхности объекта, при сравнительно малых скоростях движения лежит в низкочастотной части спектра, что приводит, в свою очередь, к существенному ограничению размера этого массива и заметному увеличению времени выборки. Наличие этих двух факторов, в конечном счете, значительно снижает точность измерения и может привести к потере корреляции.

Другой разновидностью этого способа измерения скорости перемещения НМ является нанесение на движущуюся нить локальных неоднородностей в виде электростатических меток, которые при дальнейшем движении длинномерного материала считываются датчиками электростатических меток в контрольных позициях [2]. При этом расчет скорости производится так же, как и при использовании оптических меток. Недостатком использования электростатических меток является невозможность их применения для измерения низкой скорости движения длинномерного материала (менее 600 мм/с), поскольку эти метки имеют чрезвычайно кратковременный характер существования и исчезают, не доходя до считывающей головки. Кроме того, амплитуда напряжения индуцированной электростатической метки пропорциональна скорости движения длинномерного материала, поэтому на низких скоростях амплитуда напряжения считываемого сигнала существенно уменьшается. Это резко сужает область применения данного способа, делая его непригодным для измерения скорости движущегося длинномерного материала в целом ряде промышленных производств.

Таким образом, существуют определенные ограничения для использования корреляционного метода для измерения скорости и длины движущегося длинномерного материала в целом ряде промышленных производств.

Анализ бесконтактных методов технологического контроля позволил разработать новый способ измерения скорости движения НМ, который в значительной мере свободен от перечисленных выше недостатков. В его основе лежит свойство естественного неравномерного распределения линейной плотности по длине нити. Оно заключается в том, что каждый из участков рассматриваемой нити обладает строго индивидуальным распределением линейной плотности по своей длине, которое, в свою очередь, характеризуется устойчивой пространственно-временной воспроизводимостью. Поэтому такое индивидуальное распределение линейной плотности по длине конкретного участка нити используется в качестве его идентификационного признака.

При реализации данного способа посредством считывающих головок на первой и второй контрольных позициях при строго заданном базовом расстоянии L , между ними фиксируются соответствующие моменты времени t_1 и t_2 при прохождении одинаковых локальных неоднородностей, а контролируемый параметр определяется соотношением

$$V = L/(t_2 - t_1). \quad (2)$$

Рассматриваемый способ измерения скорости отличается от аналогичных способов [6] тем, что для расширения диапазона измеряемых скоростей и повышения точности измерения в качестве локальных неоднородностей используется естественное неравномерное распределение линейной плотности по длине объекта. При этом на первой и второй контрольных позициях измеряют величину линейной плотности объекта одной из двух идентичных считывающих головок. Считывающие головки в этом случае представляют собой отдельные позиционные наборы из n пространственно разнесенных измерительных датчиков линейной плотности. В процессе реализации рассматриваемого способа измерения скорости на первой контрольной позиции периодически одновременно фиксируют информацию о распределении линейной плотности в n точках по результатам измерения первой считывающей головки в момент времени t_1 , а на второй – непрерывно фиксируют информацию о распределении линейной плотности в n точках по результатам измерений второй считывающей головки. Результаты измерений на второй и первой контрольных позициях сопоставляют, начиная с момента времени t_1 и до момента времени t_2 , который фиксируется в момент полного совпадения этих результатов измерения.

Таким образом, можно дать следующую интерпретацию предлагаемого метода измерения скорости НМ.

Представим исследуемую нить бесконечной длины как некоторую совокупность элементарных отрезков нити (объектов), последовательно распределенных по ее длине:

$$W = \{ w \}. \quad (3)$$

Каждый объект из указанного множества объектов представляется в двухмерном пространстве признаков в виде вектора

$$x = \{ x_1, x_2 \}, \quad (4)$$

где x_1 – значение признака, определяющего взаимное пространственное расположение объектов заданного множества; x_2 – значение признака, определяющего линейную плотность объектов заданного множества.

Считается, что комплекс аппаратуры, реализующей измерение скорости перемещения нити, состоит из двух комплектов технических средств (измерителей), пространственно расположенных по направлению движения нити и осуществляющих измерение признаков соответствующих объектов:

$$A = \{ A_1; \dots; A_N \}; B = \{ B_1; \dots; B_N \}, \quad (5)$$

где A – комплект технических средств, образующих первую измерительную позицию и состоящий из набора измерителей $\{ A_p; p = 1; \dots; N \}$; B – комплект технических средств, образующих вторую измерительную позицию и состоящий из набора измерителей $\{ B_q; q = 1; \dots; N, q \neq p \}$.

Взаимное пространственное расположение измерителей на каждой измерительной позиции определяет принципы формирования соответствующих подмножеств, представляющих собой выборочную комбинацию объектов из исходного множества объектов (1) для конкретной измерительной позиции:

$$W_A = \{ w_{ai}; i = 1; \dots; N \}; \\ W_B = \{ w_{bj}; j = 1; \dots; N, j \neq i \}. \quad (6)$$

Объекты выборочных комбинаций описываются для каждой измерительной позиции согласно (4) в соответствующем признаковом пространстве:

$$\{ X_A^i \} = \{ x_{a1}^i; x_{a2}^i \}; \{ X_B^j \} = \{ x_{b1}^j; x_{b2}^j \}. \quad (7)$$

Следует отметить, что отдельные компоненты векторов (7), описывающих признаковое пространство, удовлетворяют следующему условию:

$$\{ x_{bj}^j \} = [\{ x_{a1}^i + L \}]_{i=j}, \quad (8)$$

где L – базовое расстояние между измерительными позициями, которое проходят фиксируемые на первой измерительной позиции объекты контроля.

При этом каждый измеритель A_p и B_q обладает определенными параметрами метрологических характеристик G_A^p и G_B^q , для которых сформулировано общее свойство:

$$\{G_A^p\} = \{G_B^q\}. \quad (9)$$

Анализ условия (8) и свойства (9) для рассматриваемого комплекта аппаратуры говорит о том, что в основу его функционирования заложены пространственно-конструктивный и измерительный принципы формирования признакового пространства.

Информацию об измеренных признаках объекта, можно получить в процессе эксперимента на соответствующих измерительных позициях, представляется в виде:

$$\{x_{a2}^p |_{m=0}\} \hat{I} W_A^0; \{x_{b2}^q |_{m=i(t, M)}\} \hat{I} W_B^m, \quad (10)$$

где $m = 0; \dots; M$ – порядковый номер стадии измерительного эксперимента; $\{x_{a2}^p\}$ – измеренные компоненты вектора, формирующие априорное пространство признаков системы распознавания, $\{x_{b2}^q\}$ – измеренные компоненты вектора, формирующие рабочее пространство признаков системы распознавания.

Получение значений признаков распознавания объектов (их измерение) на первой и второй измерительных позициях считается за наступление соответствующих событий a^m и b^m . В качестве решающего правила, используемого для распознавания, принимается следующее: если произошли события a^0 и b^k , то

$$W_A^0 \circ W_B^k \text{ при } \{x_{b2}^q |_{m=0}\} = \{x_{a2}^p |_{m=k}\}. \quad (11)$$

Таким образом, если исходы процесса распознавания I^m не удовлетворяют условию (11), то принимается решение $r^m |_{m^0, k}$ о проведении новой стадии измерительного эксперимента на второй измерительной позиции. В случае, когда исходы I^m процесса распознавания будут удовлетворять условию (11), то принимается окончательное решение r^k о прекращении процесса измерения, о фиксировании текущего значения момента времени t и об определении скорости перемещения НМ согласно выражению:

$$V = L / \Delta t. \quad (12)$$

Обобщенная запись алгоритма функционирования всего комплекта аппаратуры, реализующего данный метод измерения скорости перемещения НМ, представляется в следующем виде:

$$R = \{a^0, t^0; b^1, I^1, r^1; b^2, I^2, r^2; \dots; b^k, I^k, r^k, t^k, v\}, \quad (13)$$

где t^0 – событие, фиксирующее момент времени при формировании априорного пространства признаков; t^k – событие, фиксирующее момент времени при наступлении исхода процесса распознавания I^k ; v – событие, связанное с реализацией расчетного алгоритма (12).

Анализ алгоритма (13) говорит о том, что разработанный метод измерения реализуется

посредством двух взаимосвязанных операций: идентификация контролируемого участка нити по соответствующему распределению линейной плотности по его длине и измерение интервала времени, в течение которого эта идентификация осуществлялась. Следует дополнительно отметить тот факт, что использование в данном методе свойства естественных флуктуаций значений линейной плотности по длине нити образовывать устойчивые локальные неоднородности, из совокупности которых в дальнейшем формируется признаковое пространство для процесса идентификации конкретного участка нити, и предопределяет необходимость реализации процесса измерения посредством нескольких пар идентичных преобразователей. Процесс измерения при этом реализуется с помощью измерительной системы с пространственным разделением каналов.

Обобщая сказанное выше, можно сделать вывод о том, что предложенный способ измерения скорости движения НМ основывается на определении времени распознавания Δt контролируемого участка НМ путем сопоставления однократно формируемого по результатам n измерений информативных параметров на первой контрольной позиции априорного пространства признаков системы распознавания и непрерывно формируемого по результатам n измерений информативных параметров на отстоящей от первой контрольной позиции на базовом расстоянии L второй контрольной позиции рабочего пространства признаков системы распознавания, и расчете скорости из соотношения (12).

Принципиальная блок-схема устройства, реализующего предложенный метод измерения, показана на рисунке 1. Датчики линейной плотности ДП1 и ДП2 (например, оптоэлектронные или емкостные преобразователи линейной плотности) каждой считывающей головки СГ1 и СГ2 попарно расположены на соответствующих измерительных позициях на фиксированных расстояниях L относительно друг друга по направлению движения НМ. При этом проведенные исследования показали, что для обеспечения требуемой на практике достоверности и точности измерения скорости движения НМ необходимо иметь как минимум четыре пары датчиков линейной плотности.

Блок ВБ в соответствии с введенной в него программой выдает управляющий импульс, который одновременно запускает блоки стробируемых АЦП1 и АЦП2 и включает таймер T . В этот момент времени (t_1) текущая информация о распределении линейной плотности на контролируемом участке движущегося НМ, регистрируемая измерительными датчиками ДП1, преобразуется блоком АЦП1 в цифровой сигнал, который хранится на выходе

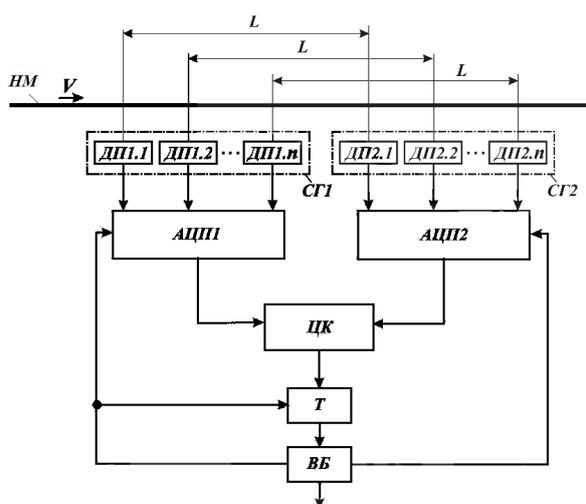


Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема устройства контроля скорости: *НМ* – нитеобразный материал; *СГ1*, *СГ2* – считывающие головки; *ДП1.1*, *ДП1.2* ... *ДП1.n* и *ДП2.1*, *ДП2.2* ... *ДП2.n* – датчики линейной плотности ДМ соответственно первой и второй *СГ*; *АЦП1* и *АЦП2* – блоки стробируемых аналого-цифровых преобразователей; *ЦК* – цифровой компаратор; *Т* – таймер; *ВБ* – вычислительный блок

этого блока до поступления следующего управляющего импульса от блока *ВБ*. Измерительными датчиками *ДП2* практически непрерывно осуществляется регистрация текущей информации о распределении линейной плотности на контролируемых участках движущегося *НМ*. Эта информация преобразуется в цифровой код блоком *АЦП2*. Зафиксированная на выходе блока *СГ1* информация в цифровом коде поступает на первый вход *ЦК*, а непрерывно меняющаяся на выходе блока *СГ2* информация в цифровом коде поступает на второй вход *ЦК*. Поскольку наборы измерительных датчиков *ДП1* и *ДП2* в каждой считывающей головке *СГ1* и *СГ2* идентичны, а их пространственное расположение строго фиксировано, то участок *НМ*, информация о линейной плотности которого в момент времени t_1 зафиксирована блоком *СГ1*, передвигаясь со скоростью V , окажется в момент времени t_2 под блоком *СГ2*. Этот момент времени фиксируется в процессе сравнения в *ЦК* выходной информации с *АЦП1* и *АЦП2*. Таким образом, если выявляется идентичность этой информации, то на выходе *ЦК* формируется сигнал управления, который, поступая на второй вход *Т*, осуществляет его выключение. При этом на выходе *Т* появляется информационный сигнал, пропорциональный време-

ни $\Delta t = t_2 - t_1$. Сигнал с выхода *Т* вводится в блок *ВБ*, где осуществляется алгоритмическое определение скорости перемещения *НМ* по выражению (7). После завершения вычислительных процедур блок *ВБ* формирует следующий управляющий импульс, и измерительный цикл повторяется, обеспечивая непрерывное измерение скорости движения *НМ*.

Экспериментальные исследования данного устройства, реализующего предложенный метод, показали, что по сравнению с существующим контрольным оборудованием оно обеспечивает:

- расширение в 3–4 раза диапазона измерения скоростей;
- повышение в 1,5–2 раза точности измерений во всем диапазоне.

Оценка эффективности изложенного подхода для решения поставленной задачи показала, что предложенный метод измерения не только повышает точность измерения скоростей в реальных условиях технологического процесса в широком диапазоне скоростей движения *НМ*, но и обеспечивает возможность контроля длины *НМ*. Это открывает широкие возможности для применения данного способа на технологическом оборудовании различных видов производств.

Литература

1. Цитович И.Г. Механизмы нитеподачи, влияние натяжения и скорости подачи нити на параметры структуры трикотажного полотна / И.Г. Цитович, Е.Н. Колесникова, Л.И. Гайриян. М.: Изд-во МТИ, 1989. 30 с.
2. Лударь А.И. Средства автоматизации и вычислительной техники для трикотажного оборудования / А.И. Лударь, Е.Б. Рабинович. М.: Легпромбытиздат, 1989. 296 с.
3. Петелин Д.П. Автоматизация технологических процессов в текстильной промышленности / Д.П. Петелин, А.Б. Козлов, А.Р. Джелаялов, В.Н. Шахнин. М.: Легкая индустрия, 1980. 320 с.
4. Киселев В.И. Средства автоматического контроля параметров технологических процессов текстильного производства / В.И. Киселев, Н.А. Кобляков, Ю.В. Курлаков и др. М.: Легпромбытиздат, 1990. 224 с.
5. Брякин И.В. Система гидрологического наблюдения на водомерных постах / И.В. Брякин, К.А. Пресняков, Г.К. Керимкулова // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 1. С. 118–122.
6. Тоточенко Л.К. Контроль технологических параметров текстильных материалов: методы, устройства / Л.К. Тоточенко, В.И. Киселев, В.Т. Песня и др. М.: Легпромбытиздат, 1985. 192 с.