

УДК 621.7-52

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Астапов В.Н., Бояркин Н.С.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,  
e-mail: asta-2009@mail.ru

Объектом исследования является автоматизированная система измерения длины (АСИД). Данная система служит для измерения рулонных и длинномерных материалов. Для таких измерений высокая точность не требуется. В статье предлагается модернизированная схема системы измерения рулонных и длинномерных материалов. Приводится описание схемы и принципа работы автоматизированной системы измерения длины. Высокая точность обеспечивается за счет внедрения оптоэлектронного импульсного датчика, выполненного в виде диска, и включения в схему электронного нониуса. На выходе электронного нониуса формируется параметрический двоичный код, который через шины данных считывается микропроцессором и в таблице, хранящейся в постоянной памяти, в соответствии с прочитанным кодом выбирается соответствующее значение точного отсчета в единицах измерения (в данном случае в мм), т.е. это будет результат по нониусу точного отсчета. Также для ликвидации повторного счета при возврате и движении материала назад используется логический фильтр, который разделяет прямой и обратный счет импульсов, которые поступают на соответствующие счетчики прямого и обратного счета. Таким образом, разрешающая способность датчика повышается до 1 мм и предложенное устройство измерения движущегося материала повышает точность и достоверность результатов измерения, а также позволяет сохранять результаты в энергонезависимой памяти данных при аварийном отключении питания.

**Ключевые слова:** автоматизация, система измерения, нониус, точность, длинномерный материал, модернизация

## IMPROVEMENT THE ACCURACY OF THE AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEM OF LONG-DIMENSIONAL MATERIALS

Astapov V.N., Boyarckin N.S.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: asta-2009@mail.ru

The object of the study is the automated length measurement system (ASID). This system is used to measure rolled and lengthy materials. For such measurements, high accuracy is not required. The article proposes a modernized scheme of a system for measuring rolled and lengthy materials. The description of the scheme and the principle of operation of an automated system for measuring length is given. High accuracy is ensured by the introduction of an optronic impulse sender made in the form of a disk and the inclusion of electronic nonius in the circuit. At the output of the electronic nonius, a parametric binary code is generated, which is read out by the microprocessor through the data buses and in the table stored in read-only memory, the corresponding exact value in units of measurement (in this case, in mm) is selected in accordance with the code read, i.e. this will be the result of the nonius of the exact reference. Also, to eliminate the re-counting when returning and moving the material back, a logical filter is used that separates the forward and backward counts of impulses that are sent to the corresponding counters of the direct and reverse counting. Thus, the resolution of the sensor increases to 1 mm and the proposed device for measuring moving material, increases the accuracy and reliability of the measurement results, and also allows you to save the results in non-volatile data memory during emergency power off.

**Keywords:** automation, measurement system, nonius, accuracy, lengthy material, modernization

В современном мире остро стоит проблема сокращения отходов во время работы технологических машин. Размерная точность обрабатываемых деталей является характеристикой качества выполняемого процесса и позволяет судить о его технологичности. Главным аспектом в достижении высокой точности является выбор средств и способов измерения рабочего материала.

Цель исследования: анализ существующих методов высокоточных измерений и разработка современного технологического решения измерения длинномерных материалов.

### Материалы и методы исследования

Объектом проведенных исследований являются устройства и методы измерения

различных материалов, выполненные контактным и бесконтактным способами.

Во время исследований применялись инженерные подходы к разработке технического оборудования, программно-технические решения в разработке вычислительной техники, а также известные методы измерения длинномерных материалов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Спецификой целого ряда производств является то, что их технологические объекты представляют собой, так называемые длинномерные материалы. Среди примеров данных материалов можно выделить синтетические и натуральные волокна, ткани, листы металлов. Во время производства

данной продукции имеет место непрерывный процесс обработки материала, что позволяет судить о динамической сложности режима движения длинномерных материалов. В процессе останова движения длинномерного материала, в случае транспортной, бумажной или тканевой ленты под действием собственного веса происходит небольшой откат, иногда достигающий двух метров или более метров, в связи с этим происходит вторичный подсчет уже измеренной длины. В случае прогона металлической ленты возникает эффект пружины и лента также движется в обратном направлении. Для решения этой проблемы предложен оптоэлектронный датчик с выходом сигналов смещенных относительно друг друга на  $90^\circ$ , что позволило построить схему счетчиков длины, которая лишена этих недостатков.

В работах [1–3] приводится описание похожего типа производства, однако здесь не удается добиться заданной точности измеряемого объекта. Применение бесконтактного измерения параметров движения позволяет проводить процесс на расстоянии, но отсутствие контакта с рабочим материалом только повышает погрешность, за счет снижения чувствительности элемента. Идентификационным признаком в бесконтактных устройствах являются электростатические метки, наносимые на поверхность материала. Они имеют чрезвычайно краткое время существования и могут исчезнуть, не доходя до считывающей головки. Данные недостатки нарушают целостность картины измерения. Предполагается проведение модернизации системы, как и в работе [4], за счет повышения точности измерения.

В работе [5] представлена автоматизированная система измерения длины (АСИД), которая лишена приведенных недостатков. Однако данная система служит для измерения рулонных и длинномерных материалов с точностью до 1 см. Авторами предлагается данную систему применять и для раскроя металла на листы заданных размеров. Однако в этом случае для сокращения отходов требуется более высокая точность измерения.

Для решения поставленной задачи необходимо провести модернизацию системы АСИД, которая заключается в добавлении в схему измерения электронного нониуса. Разработка схем нониуса и внесение его в схему АСИД не требуют больших затрат, а точность измерения повысится до 1,0 мм. Рабочим измерительным органом АСИД является мерное колесо со встроенными оптопарами (светодиод-фотодиод).

Рассмотрим процесс работы оптоэлектронного датчика. При вращении колеса, при контакте с движущимся материалом, датчик вырабатывает две серии синусоидальных импульсов, сдвинутых относительно друг друга на  $90^\circ$ . Импульсы принимают нулевые значения при каждом повороте на одно деление колеса [5].

Цена каждого импульса равна 16 мм. Импульсы проходят через усилители тока 19, 20 (рис. 1) и поступают на компараторы 21, 22 и на входы нониуса 23.

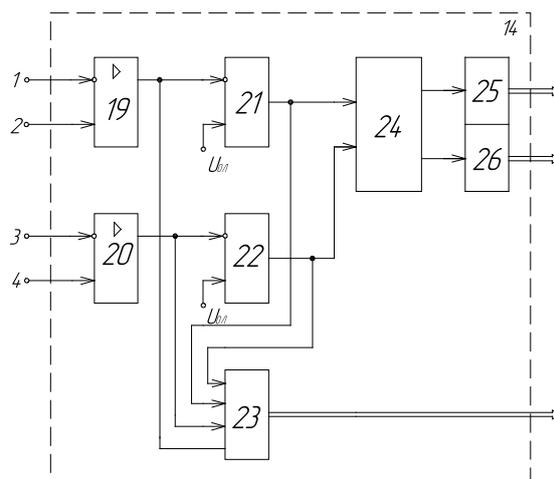


Рис. 1. Схема блока преобразователя импульсов в цифровой код

Сформированные на выходах компараторов сигналы прямоугольной формы, сдвинутые относительно друг друга на  $90^\circ$ , поступают на логический фильтр 24 (рис. 2).

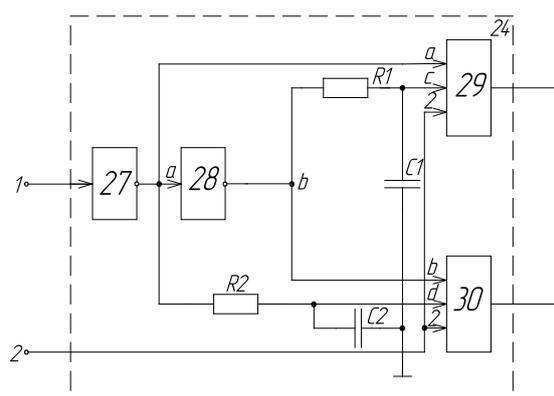


Рис. 2. Схема логического фильтра

На выходе фильтра создаются импульсы прямого или обратного счета. Соответствующие импульсы поступают на входы счетчиков 25, 26 прямого и обратного счета. Цена данных импульсов равна 16 мм.

Так как счетчики таймера работают в обратном направлении, то для определения фактической величины импульсов, произведем вычисления:

$$N_{\text{факт}} = N_1 - N_2, \quad (1)$$

где  $N_{\text{факт}}$  – фактическое значение импульсов;  
 $N_1$  – начальное значение счетчика;  
 $N_2$  – конечное значение счетчика.

Для определения истинного значения перемещения материала необходимо из значения счетчика 25 прямого счета вычесть значения счетчика 26 обратного счета и разность умножить на 16 мм.

$$L = [N_{\text{пр.сч}} - N_{\text{обр.сч}}] * 16, \quad (2)$$

где  $L$  – истинное значение перемещение материала в мм. Это будет результат по грубой шкале отсчета.

Для повышения точности предлагается включить в схему измерения электронный

нониус, который представляет собой блок логики преобразователей 23 (рис. 3).

На выходе электронного нониуса формируется параметрический двоичный код, который через шины данных считывается микропроцессором и в таблице, хранящейся в постоянной памяти, в соответствии с прочитанным кодом выбирается соответствующее значение точного отсчета в единицах измерения (в данном случае в мм), т.е. это будет результат по нониусу точного отсчета. Общий результат перемещения материала будет равен

$$L^1 = [(N_{\text{пр.сч}} - N_{\text{обр.сч}}) * 16 + l, \quad (3)$$

где  $l$  – показания нониуса в ед. измерения (мм).

Таким образом, при разрешающей способности оптоэлектронного датчика в 16 мм, измерение пройдет с точностью до 1 мм.

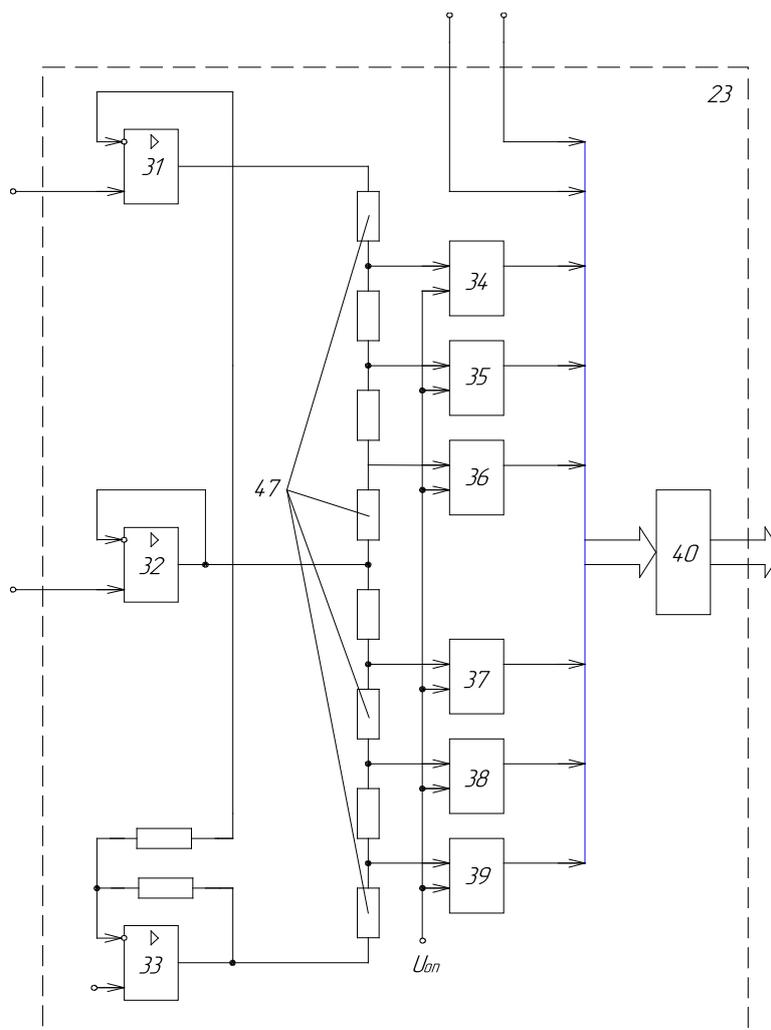


Рис. 3. Схема электронного нониуса

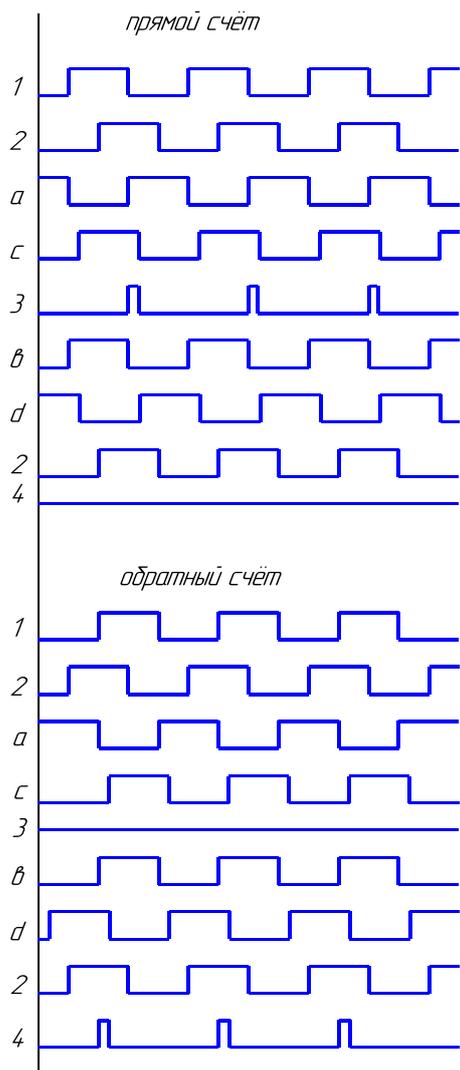


Рис. 4. Диаграмма сигналов логического фильтра

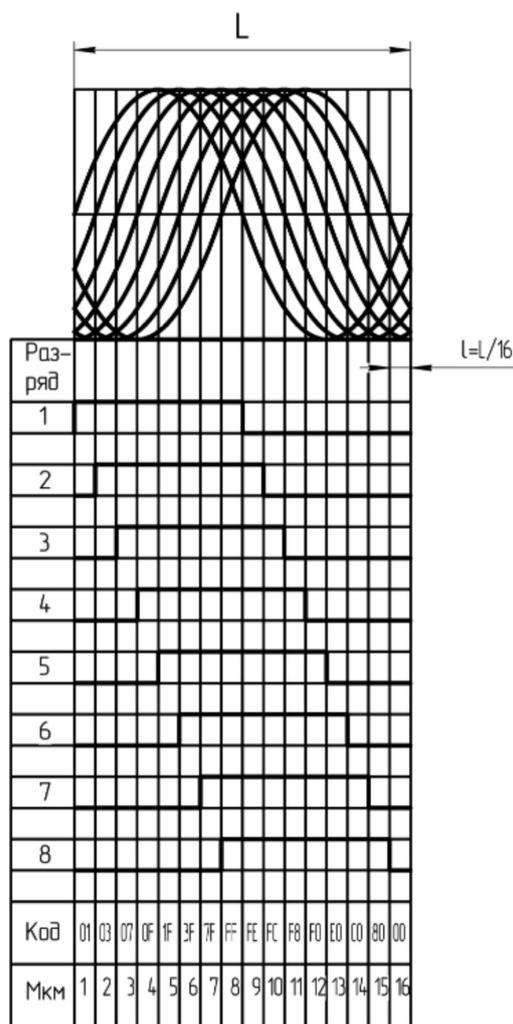


Рис. 5. Диаграмма входных и выходных сигналов компаратора

Соответствие кода метрической величине

код	01	03	07	0F	1F	3F	7F	FF	FE	FC	F8	F0	E0	C0	80	00
МКМ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Логический фильтр работает согласно диаграмме на рис. 4.

Электронный нониус работает следующим образом. Потенциометрические резисторы устанавливаются пороговый уровень срабатывания компараторов 34–39 таким образом, чтобы сигналы на их выходах имели сдвиг на 1/16 шага оптического сигнала.

Временные диаграммы входных и выходных сигналов с компаратора и таблица соответствия приведены на рис. 5.

Соответствие параметрических кодов метрической шкале приведено в таблице.

Конечным итогом является повышение разрешающей способности датчика до 1 мм. Предложенное устройство измерения движущегося материала повышает точность и достоверность результатов измерения, а также позволяет сохранять результаты в энергонезависимой памяти данных при аварийном отключении питания.

### Заключение

В результате проведенной модернизации устройства измерения длинномерных материалов была решена задача сокращения числа отходов при раскрое металла для штамповки. Устройство сочетает в себе достоинства современных методов измерения, а также является экономически выгодным решением для производства.

### Список литературы

1. Шероматова И.А., Железняков А.С. Разработка методов и технических средств для измерения длины материалов

при производстве швейных изделий // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 11–5. С. 924–928.

2. Брякин И.В., Бочкарев И.В. Бесконтактное измерение параметров движения длинномерных материалов // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика»*. 2017. Т. 17. № 1. С. 47–55. DOI: 10.14529/power170107.

3. Белов А.И., Лузев Е.В. Тимошенко С.А. Тюкин В.Л. Полезная модель № 89452 Устройство для поперечной отрезки заготовок заданной длины от непрерывно движущегося полотна материала. Публ. 10.12.2009.

4. Цветков Г.А. Автоматизированная измерительная система контроля пространственных угловых отклонений // *Приборы и методы измерений*. 2012. № 2 (5). С. 57–62.

5. Астапов В.Н. Патент РФ № 2091709. Устройство для измерения длины движущегося длинномерного материала. Бюл. № 27. Публ. 27.09.1997.