УДК 677 – 487.5.23.275

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПАКОВОК

THE ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF THE CONTROL OF THE GEOMETRICAL SIZES AND FORMS PACKAGE

©Нуриев М. Н.
д–р техн. наук
Азербайджанский государственный экономический университет
Баку, Азербайджан
mehman62@mail.ru
©Nureyev M.
Dr. habil.
Azerbaijan State University of Economics
Baku, Azerbaijan
mehman62@mail.ru
©Иманова Г. М.
Азербайджанский государственный экономический университет
Баку, Азербайджан
©Imanova G.
Azerbaijan State University of Economics
Baku, Azerbaijan

Аннотация. Проведен анализ методов, используемых для оценки параметров реализации поточного контроля паковок, поступающих в приготовительный отдел ткацкого производства. Установлено, что наиболее приемлемым является метод теневой проекции сечения с обработкой результатов средствами автоматизированного распознавания образов.

Abstract. The analysis of the methods used for an estimation of parameters of realization of the line control of package acting in preparatory a department of weaver's manufacture is lead. It is established, that the most comprehensible is the method of a shadow projection of section with processing results by means of the automated recognition of images.

Ключевые слова: контроль паковок, метод теневой проекции, распознавания образов, бобина, крестовая намотка.

Keywords: control of forgings, shadow projection method, pattern recognition, bobbin winding phillips.

Актуальность вопроса. Повышение качества и конкурентоспособности готовой продукции текстильных предприятий прямую зависит от систематического и эффективного контроля качества полуфабрикатов и сырья на всех этапах текстильного производства. Одним из существенных этапов текстильного производства является формирование бобин крестовой намотки, которые получают на современных пневмомеханических прядильных машинах или перематыванием початков, получаемых на кольцевых прядильных машинах. От качества намотки бобин в значительной степени зависит эффективность процессов снования и ткачества. Качество паковок крестовой намотки определяется целым комплексом параметров, в который входят плотность намотки и ее равномерность по радиусу и

образующей, форма паковки и ее отклонение от требуемой, наличие ряда дефектов в виде уплотненных участков, жгутовой и ленточной намотки, слетов витков и др.

В настоящее время нет отработанных эффективных методик контроля всех параметров паковок крестовой намотки, влияющих на их качество. Систематически в приготовительном отделе ткацкого производства контролируется только диаметр бобин, а второй по значимости составляющей качества паковок является форма намотки и ее отклонения от заданной. Наличие дефектов формы может привести к росту обрывности при сматывании, что приведет к снижению эффективности снования и ткачества. Таким образом, создание метода автоматизированного контроля формы паковок и его внедрение на производстве позволит повысить эффективность процессов снования и ткачества и повысить качество ткани за счет устранения дефектов, сопутствующих ликвидации обрывов.

Целью работы является выявление эффективных методов оценки параметров поточного контроля, обеспечиваемого за счет автоматизированного контроля формы бобин и своевременного устранения их дефектов путем наладки технологического оборудования.

Причины образования дефектов намотки в виде отклонения ее формы от заданной и методы контроля формы паковок изучались в трудах ведущих зарубежных ученых А. Г. Севостьянова, А. Ф. Прошкова, Е. Д. Ефремова, В. А. Гордеева, J. Lünenschloß, W. Wegener, G. Schubert. Показано, что нарушения формы паковки приводят к повышенной обрывности при их сматывании, что дефекты формы часто вызываются нарушениями в ходе технологического процесса наматывания. Многие из этих нарушений технологического процесса могут быть выявлены путем анализа формы паковки.

Согласно предложенной классификации [1], геометрические свойства паковок крестовой намотки принадлежат к группе общих свойств. Геометрические свойства характеризуются рядом показателей, которые в свою очередь можно подразделить на номинальные (размеры, форму) и отклонения от номинальных (размеров, формы).

Отклонения указанных параметров от заданных значений приводят к потере качества паковки. Ухудшаются условия сматывания, паковки при сновании срабатываются не одновременно, что приводит к необходимости использовать дополнительное мотальное оборудование для перемотки остатков и более частой смене паковок при снижении плотности намотки и уменьшении их объема. Поэтому методы инструментального определения геометрических размеров паковок представляют определенный интерес. Эти методы в свою очередь могут быть разделены на два класса: механические и оптические. Задача определения геометрических размеров тел в технике встречается часто, поэтому рассмотрим не только методы, используемые в текстильной промышленности, но и в других отраслях, учитывая при этом возможность применения метода в текстильной промышленности для массового контроля паковок в потоке.

Механические устройства для определения геометрических размеров и их отклонений являются самыми многочисленными. В основу методов этого класса положено измерение формы паковки с помощью мерительных инструментов, оснащенных щупами. В простейшем случае для определения размеров и формы паковки пользуются линейкой и штангенциркулем. Применение штангенциркуля при измерении диаметра паковок приводит к большим ошибкам, потому что тело намотки имеет малую жесткость и деформируется в процессе измерения. Гораздо лучшие результаты можно получить, применяя гибкую металлическую ленту для измерения длины окружности с последующим расчетом диаметра. В этом случае давление от ленты распределяется равномерно по поверхности и деформации паковки незначительны.

С помощью указанных инструментов можно измерять ширину и диаметр паковки только по наружной поверхности. Однако если намотка имеет свободные торцы, то они как правило, криволинейны. Такой метод не позволяет непосредственно оценивать форму паковки и ее отклонения.

Для устранения этого недостатка можно использовать гидравлические или электрические преобразователи перемещения щупов в сигнал пропорциональные усредненному отклонению формы паковки от заданной.

Схема такого устройства [2] приведена на Рисунке 1.

Упругий элемент 1 образует полость 2, заполненную жидкостью.

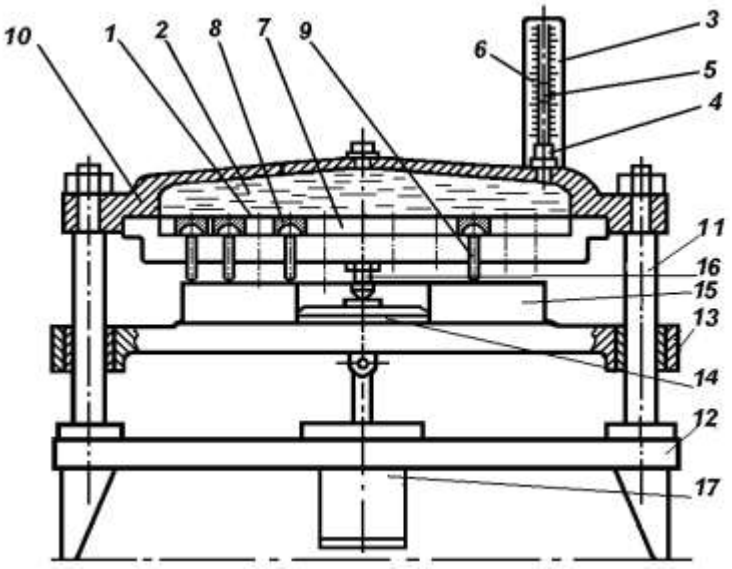

Рисунок 1. Устройство для контроля формы и размеров поверхности [2].

Полость 2 соединена каналом с узлом 4 отсчета, выполненным в виде трубки 4 с поплавком 5 и шкалой 6, отсчет ведется по поплавку 5. Полость 7 упругого элемента заполнена съемными головками 8 щупов 9, причем высота головок 8 равна глубине полости 7. Корпус 10 при помощи направляющих скалок 11 установлен на основании 12. На скалках 11 с возможностью перемещения вдоль них установлена платформа 13, на которой закреплен элемент 14 для базирования контролируемой детали 15 и упор 16, ограничивающий перемещение платформы 13 по скалкам 11. Для перемещения платформы с деталью на основании установлен цилиндр 17. Контрольные щупы 10 установлены в зоне контролируемой поверхности детали.

Устройство обладает существенным недостатком, который делает его практически неработоспособным. Перемещение упругого элемента 2 под каждым щупом не является независимой величиной. Оно определяется перемещением его точек под другими щупами, поэтому с помощью такого устройства можно оценить только наличие отклонения размера детали от заданного, но никак не величину такого отклонения, тем более нельзя отделить отклонения размера от отклонения формы. Устройство [3], схема которого приведена на Рисунке 2, лишено указанных недостатков.

В процессе измерения с помощью механизма 1 перемещают обойму 2 со щупами 3–6 в направлении контролируемой детали 7. В моменты электрического контакта каждого из наконечников 8–11, центры которых расположены в одной плоскости на линии в виде спирали Архимеда, с деталью 7 измеритель 12 формирует сигнал измерительной информации, который поступает в блок 13. Повторяют процедуру контроля в различных угловых положениях детали 7, которые фиксируются измерителем 14. После поворота детали 7 на 360 градусов осуществляют обработку измерительной информации в блоке 13, а результаты выводят на блок 15 в виде отклонения от плоскостности.

Описанное устройство обладает специфической особенностью. Сигнал на завершение процесса измерения поступает за счет электрического контакта между контролируемой деталью и щупом. Текстильные паковки, как правило, обладают диэлектрическими

свойствами, и поэтому для них применение устройства, аналогичного описанному, не представляется возможным.

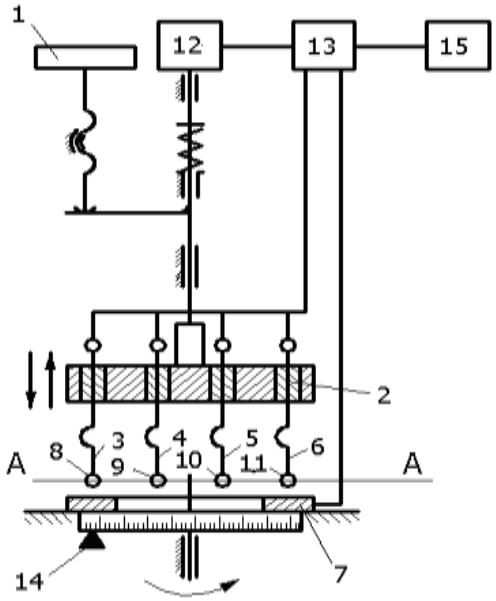

Рисунок 2. Устройство для контроля формы и размеров поверхности [3].

Недостатки описанных выше устройств устранены в конструкции [4], представленной на Рисунке 3. Устройство состоит из основания 1 и стоек 2, с укрепленными на них двумя цилиндрическими направляющими 3, по которым перемещается каретка 4. Каретка представляет собой закрытый сосуд в форме прямоугольного параллелепипеда, в одну из сторон которого вставлены стержни 5. Стержни проходят внутри пружин 6 и закреплены за один из их концов. Второй конец пружины 6 крепится к внутренней стороне каретки 4. Для обеспечения герметичности на пружины плотно надеты резиновые колпачки 7, крепление которых к каретке также герметично.

Свободные концы стержней опираются о тонкую металлическую ленту 8, закрепленную на одном из стержней. Бобина 9 устанавливается на бобинодержателе 10, укрепленном на стойке 11. Под кареткой в стойке 2 установлен ходовой винт 12, который может перемещать каретку с укрепленными на ней стержнями по направляющим 3. Полость каретки с помощью резиновой трубки 13 сообщается со стеклянной трубкой 14, расположенной в защитном кожухе 15, на наружной поверхности которого нанесена шкала 16. Полость каретки и трубки 13 и 14 заполнены подкрашенной жидкостью. На стержнях 5 закреплены подвижные контакты 17, а на каретке общий для всех стержней неподвижный контакт 18. Момент замыкания контактов 17 и 18 индицируется лампочкой 19 на панели управления.

Работает устройство следующим образом. Перед началом измерения каретка находится в крайнем правом положении. При этом стержни не препятствуют установке бобины 9 на бобинодержатель 10. После ее установки вращением маховика 20 с помощью ходового винта 12 каретка подается влево, металлическая лента 8 укладывается на поверхность бобины 9 и повторяет профиль ее торца.

Стержни 5 прижимаются к ленте 8 и вдавливаются во внутреннюю полость каретки, заполненную жидкостью. При этом жидкость выдавливается в стеклянную трубку и уровень ее повышается. Перемещение каретки производится до тех пор, пока хотя бы один из контактов 17 не замкнет контакт 18. При этом загорается лампочка 19, что является сигналом к прекращению перемещения каретки 4. После чего считывается, соответствующее

уровню жидкости в трубке 14, показание среднего отклонения от максимальной ширины паковки по шкале 16.

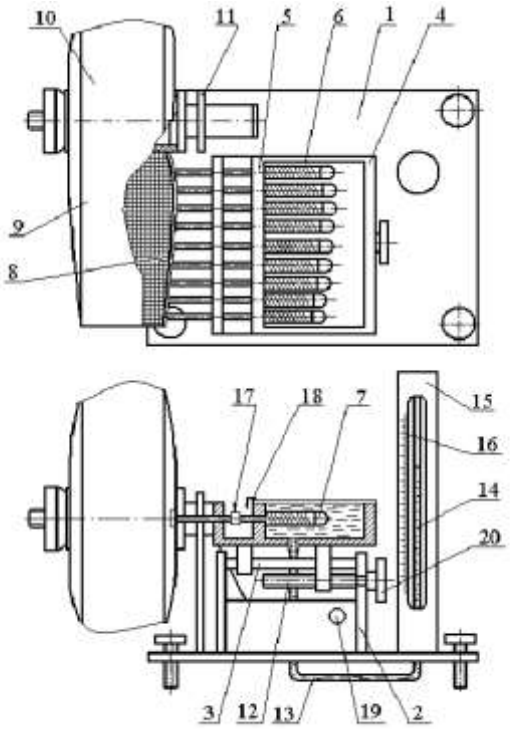

Рисунок 3. Устройство для контроля отклонения формы торца текстильной паковки.

После окончания одного цикла измерения каретка отводится в крайнее правое положение, и бобина поворачивается вокруг своей оси на угол 30 °, определяемый делительным механизмом, вмонтированным в стойку 11 (на Рисунке 6 не показан). После чего процесс измерения повторяется. Таким образом, на одной паковке производится замер отклонения от максимальной ширины паковки в 12 разных положениях. Это позволяет набрать достоверную статистку о профиле торцов паковки.

Как попытку преодоления указанного недостатка можно рассматривать устройство [5], схема которого изображена на Рисунке 4.

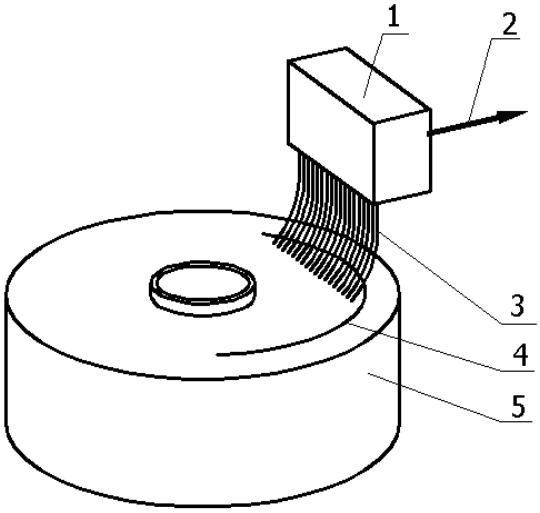

Рисунок 4. Автоматическое устройство для контроля отклонения формы торца текстильной паковки.

Устройство оснащено большим количеством щупов, поворот которых контролируется электронными датчиками, а обработка проводится с помощью микропроцессора. Повышение информативности метода за счет использования большого числа щупов позволяет распознавать слетов витков с торца, что недоступно для всех описанных выше устройств.

Кроме недостатков, указанных выше, отдельно для каждого из описанных устройств, все они обладают существенным недостатком, характерным для метода измерения который используется при их работе. Эти устройства используют контактный метод контроля, что не позволяет применять их при движении контролируемого объекта. В результате полученные данные имеют точечный характер. Из-за этого для получения полной картины об отклонениях формы бобины от заданной возникает необходимость многократного повторения процесса измерений и длительной обработки их результатов.

Оптические методы и устройства, реализованные на их основе, являются бесконтактными, поэтому не вносят искажения в форму контролируемого тела намотки при измерениях. Отсутствие механического контакта с измеряемым телом позволяет производить измерения на движущемся объекте, что при достаточно большой скорости считывания и обработки информации позволяет производить контроль формы паковок в потоке.

Наиболее простым из оптических способов является фотографический или теневой способ контроля геометрических размеров паковок, при котором после наматывания паковки, ее фотографируют вместе с масштабной линейкой или фиксируют теневой силуэт на экране. По размерам на фотографии или экране с учетом масштаба вычисляют реальные размеры. Измерения при указанном способе проводятся точечно, в меридиональном сечении паковки, и для получения полной картины требуется проведение большого числа измерений.

Для контроля некруглости бобины японскими авторами предложено устройство [6], которое проецирует ее изображение на экран, в определенных точках которого установлены фотоэлементы. Сигналы от фотоэлементов обрабатываются на ЭВМ. Как следует из описания, контроль геометрических размеров в этом устройстве осуществляется только в некоторых точках при этом, поскольку анализируется проекция изображения бобины на экран, теряется информация о затененных участках бобины.

На Рисунке 5 представлено устройство для контроля размеров и формы бобины [7], используемое на мотальном автомате в процессе наматывания нити.

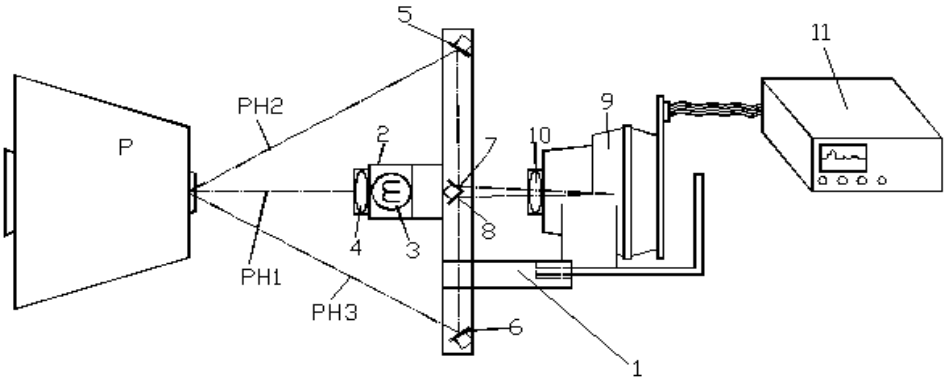

Рисунок 5. Устройство для контроля размеров и формы бобины.

Оно снабжено контролирующей головкой 1, устанавливаемой перед бобинодержателем или в зоне перемещения бобины к накопительному бункеру. Контролирующая головка оснащена световым источником 4 с лампой 3 и рассеивающей линзой 4, направляющей световой луч PH1 на бобину P. Отраженные световые лучи PH2 и PH3 направляются на систему принимающих зеркал 5 и 6, от которых лучи направляются к переводным зеркалам 7 и 8, установленным перед принимающим фотоэлементом 9 с расположенным в один ряд

несколькими ячейками с линзами 10. Лучи проходят через фокусирующие линзы и поступают на фотоэлемент ячейки, соответствующий определенному диаметру наматываемой бобины. Импульсы из фотоэлементных ячеек направляются в управляющий электронный блок 11. Блок оснащен усилителями, преобразователями, формирователями сигналов и устройством для сравнения сигналов с эталонными, соответствующими заданной форме бобины. Из управляющего блока сигналы направляются в приводное устройство мотальной головки для корректирования частоты вращения бобинодержателя. Недостатком устройства является то, что контролю подвергается только один из торцов бобины, причем определяется только некруглость бобины по этому торцу и отклонение диаметра от заданного. Таким образом, устройство не позволяет проводить комплексный контроль геометрических параметров тела намотки.

На Рисунке 6 представлено устройство [8] для контроля формы бобины.

Данное устройство используется на мотальном автомате для контроля правильности намотки и формирования торцовой поверхности 2 бобины 1. Оно снабжено фотоэлектронным датчиком 3, в который поступают световые лучи X2, отражающиеся от дефектного участка 4 торца бобины. Световые лучи X1 на торцовую поверхность бобины направляются от источника света 5 и проходят через рассеивающую линзу 6. Из фотоэлемента сигналы L1 направляются в помехозащищенный блок 7 электронного анализирующего устройства 8. Затем сформированный сигнал L2 поступает в усилитель 9 и аналого–цифровой преобразователь 10, соединенный с нормализующим блоком 11 и запоминающим устройством 12. Устройство 12 подключено к операционному блоку 13. Из нормализующего блока сигнал L3 поступает в сравнивающее устройство 14, из которого сформированный управляющий сигнал L4 направляется в регистрирующий блок частоты.

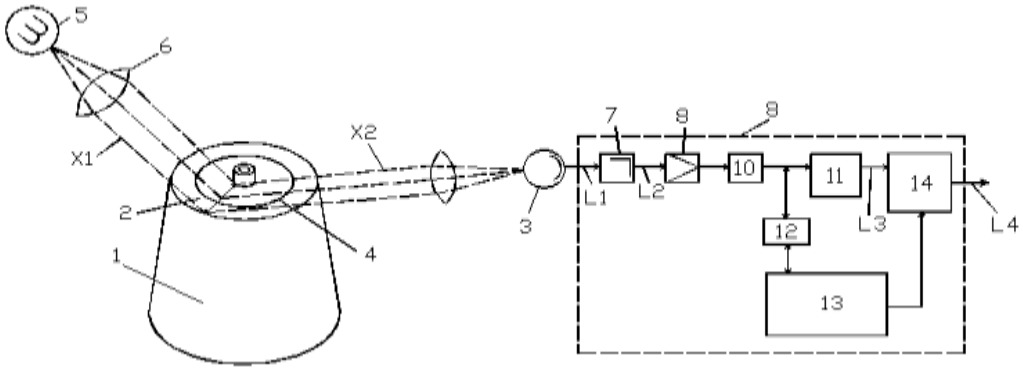

Рисунок 6. Устройство для контроля формы бобины.

Описанное устройство, как и предыдущее, позволяет контролировать только один из торцов паковки, что не дает полной информации об ее форме. В отличие от предыдущего устройства, предназначенного для контроля некруглости торца, описанное позволяет определить его непрямолинейность. Оба эти устройства используют в качестве приемника изображения одиночный фотоэлемент. В результате существенным образом снижается разрешающая способность и теряется информация о положении дефекта на торце паковки.

Аналогичных результатов при гораздо меньших затратах можно добиться если использовать в качестве приемника телевизионные камеры или матрицы фотоэлементов. Устройство [9] предназначено для контроля качества бобин пряжи любых размеров, цвета и материала. принцип работы устройства основан на получении изображения бобин и их обработка с использованием ЭВМ для определения наличия дефектов.

Устройство содержит две стойки, на которых установлены датчики изображения, например, матричные камеры. Датчики просматривают верхний и нижний торцы бобины, а также ее боковую поверхность. Для этого они перемещаются вдоль стоек

электромеханическим приводом. Для обработки каждого изображения используются блок ввода изображения, блок его улучшения, фильтр, блок преобразования изображения в двоичную форму, блок вывода полученных характеристик и блок их оценки. Каждое введенное изображение преобразуется в двухцветное цифровое изображение. Из этого изображения извлекаются специфические геометрические характеристики каждого дефекта. Эти характеристики сравниваются с хранящимися в запоминающем устройстве заранее определенными значениями. Это позволяет оценить наличие дефекта или его отсутствие.

В устройстве [10] контролируемые бобины перемещаются через контрольную камеру, оснащенную оптическими приспособлениями для контроля бобин. В результате проверки каждой бобины производится их сортировка. При этом полноценные бобины продолжают движение на несущем их транспортере к месту съема. Бобины, имеющие дефекты, переводятся на другой транспортер, с которого они снимаются в другом месте. Устройство позволяет достаточно полно и оперативно оценить качество паковок. Однако принципы фильтрации изображения, его преобразования и выделения дефектов авторами не разглашаются. Поэтому представляется целесообразным проведение научных исследований, задачами которого будет выявление рациональных способов обработки изображения паковок для обнаружения их дефектов.

Традиционно оптические методы применяются для контроля микронеровностей поверхностей в машиностроении. Наиболее распространенными являются методы светового сечения и теневой проекции.

Сущность первого метода состоит в том, что на исследуемую поверхность проецируют под углом щель в виде узкой световой полосы, изображение которой наблюдают через расположенный под тем же углом микроскоп. Данный метод применим для измерения шероховатостей в пределах от 0,5 до 50 мкм [11]. Неравномерность профиля торцевых поверхностей бобины и ее образующей имеют большую величину. Следовательно, этот метод непригоден для измерения неровностей текстильной паковки.

Метод теневой проекции (Рисунок 7) предназначен для измерения шероховатости слабо отражающей поверхности более 40 *мкм* [12].

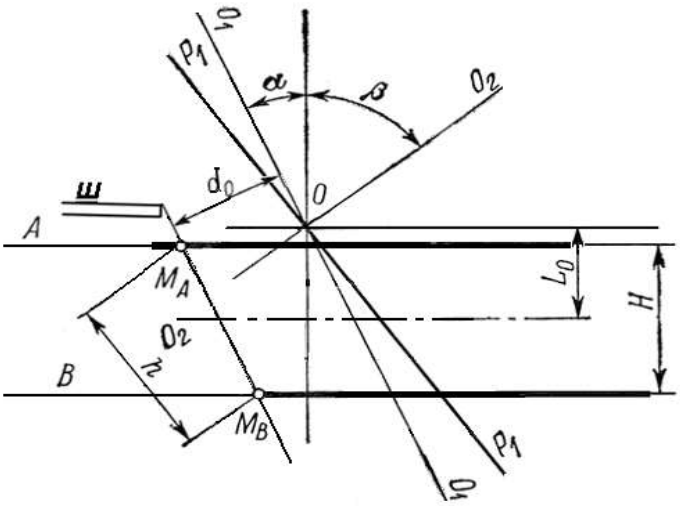

Рисунок 7. Схема контроля профиля поверхности методом теневого сечения.

При измерении этим методом над контролируемой поверхностью устанавливается шторка (Ш). При этом она отсекает часть пучка света, который направляется на контролируемую поверхность от осветителя, оптическая ось которого O_1–O_1 наклонена под углом α к нормали контролируемой поверхности. Тень от шторки, падая на поверхность, повторяет ее профиль. О форме и размерах сечения судят по видимому изображению тени

в приборе наблюдения, оптическая ось которого O_2–O_2 направлена под углом β к нормали контролируемой поверхности.

В отличие от методов, использующих сканирование поверхности, метод теневой проекции не требует продолжительного времени для снятия первичного изображения. Сочетание метода теневой проекции с современными средствами автоматизированного распознавания образов, представляется наиболее перспективным для создания системы, позволяющей на основе экспериментальных данных создавать трехмерную модель текстильной паковки, которая может использоваться для комплексной оценки ее геометрических параметров.

Выводы. Таким образом, методы светового сечения и теневой проекции позволяют вести наблюдение в каждый момент времени за вполне определенным узким участком контролируемой паковки и таким образом выделить информацию о форме бобины из общего потока. Эти методы в комплексе с методами распознавания образов позволяют создать автоматизированный комплекс для контроля формы паковок крестовой намотки. По результатам анализа сформулирован ряд задач, решение которых необходимо для разработки нового метода автоматизированного контроля формы паковок и его техническое реализации.

Список литературы:

1. Рудовский П. Н., Нуриев М. Н. Классификация свойств паковок крестовой намотки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2006, №4, С. 38–41.

2. Грудинкин М. В. Святославов Р. Г. Устройство для контроля размеров, А. с. СССР №1534289, G 01 B 5/08, 1987.

3. Борд И. Б., Соколовский С. С. Устройство для контроля плоскостности кольцевых поверхностей, А. с. СССР №1670356, G 01 B 5/28, 1989.

4. Палочкин С. В., Рудовский П. Н. Устройство для контроля отклонения формы торца текстильной паковки. Патент на изобретение РФ. №2257541, 2005.

5. Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Abschlagen. Заявка №42897 ФРГ, Barmag AG, B 65 H63/00, 1995.

6. Устройство для определения формы паковки. Япония №60-147369 D01H 13/26, B65H 11/30, 1986.

7. Устройство для контроля формы бобины. Уэда Ютака, Кавамуро Сюдзо, Инагата Кэньити; Мурата Кикай к. к. Заявка 61-119731, Япония. Заявл. 14.11.84, № 59-240304, опубл. 06.06.86. МКИ D 01 H 13/26. G 01 B 11/30.

8. Устройство для контроля формы бобины. Инада Кэнъити, Масаи Тэцудзи; Мурата Кикай к. к. Заявка 61-28033, Япония. Заявл. 17.07.84, № 59-149223, опубл. 01.02.86. МКИ D 01 H 13/26, B65 H 63/00.

9. Bobbin Winding Control. Donald G. Cawelti, Bryan F, US Patent №5110065, B 65 H 54/28, 1992.

10. Устройство для контроля бобин. Method for inspecting spinning bobbins and system for implementing such method: Пат. 3216432 США, МПК7 D.01H7/46 Congivision Research, S.L., Cortes Albert Santeliu, Castello Antoni Llorens, №09/197089; заявл. 19.11.1998; опубл. 17.04.2001; 4ПК 97/264.

11. Устройство для контроля бобин. Vorrichtung zum Prüfen von Garnspulen; заявка 19924721 Германия, МПК7 B65H67/06. Neuenhauser Maschinenbau GmbH &Co. KG, Keen Bernd, Wolf Jörg (Bocker Mann & Ksoll, Patentanwälte, 44791 Bochum) №19924721.8; заявл. 31.05.1999; Опубл. 0712.2000.

12. Нуриев М. Н., Киселев П. Н. Влияние конструктивных параметров устройства на масштаб преобразования при контроле формы бобин методом теневой проекции // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. №4 С. 99–102.

References:

1. Rudovskii P. N., Nuriev M. N. Klassifikatsiya svoistv pakovok krestovoi namotki // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti. 2006, №4, s.38-41.

2. Grudinkin M. V. Svyatoslavov R. G. Ustroistvo dlya kontrolya razmerov, A.s. SSSR № 1534289, G 01 B 5/08, 1987.

3. Bord I. B., Sokolovskii S. S. Ustroistvo dlya kontrolya ploskostnosti kol'tsevykh poverkhnostei, A.s. SSSR № 1670356, G 01 B 5/28, 1989.

4. Palochkin S. V., Rudovskii P. N. Ustroistvo dlya kontrolya otkloneniya formy tortsa tekstil'noi pakovki. Patent na izobretenie RF. № 2257541, 2005.

5. Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Abschlagen. Zayavka № 42897 FRG, Barmag AG, B 65 H63/00, 1995.

6. Ustroistvo dlya opredeleniya formy pakovki. Yaponiya №60-147369 D01H 13/26, B65H 11/30, 1986.

7. Ustroistvo dlya kontrolya formy bobiny. Ueda Yutaka, Kavamuro Syudzo, Inagata Ken'iti; Murata Kikai k. k. Zayavka 61-119731, Yaponiya. Zayavl. 14.11.84, № 59-240304, opubl. 06.06.86. MKI D 01 H 13/26. G 01 B 11/30.

8. Ustroistvo dlya kontrolya formy bobiny. Inada Ken"iti, Masai Tetsudzi; Murata Kikai k. k. Zayavka 61-28033, Yaponiya. Zayavl. 17.07.84, № 59-149223, opubl. 01.02.86. MKI D 01 H 13/26, B65 H 63/00.

9. Bobbin Winding Control. Donald G. Cawelti, Bryan F, US Patent №5110065, B 65 H 54/28, 1992.

10. Ustroistvo dlya kontrolya bobin. Method for inspecting spinning bobbins and system for implementing such method: Pat. 3216432 SShA, MPK7 D.01H7/46 Congivision Research, S.L., Cortes Albert Santeliu, Castello Antoni Llorens, №09/197089; zayavl. 19.11.1998; opubl. 17.04.2001; 4PK 97/264.

11. Ustroistvo dlya kontrolya bobin. Vorrichtung zum Pruefen von Garnspulen; zayavka 19924721 Germaniya, MPK7 V65N67/06. Neuenhauser Maschinenbau GmbH &Co. KG, Keen Bernd, Wolf Jörg (Bocker Mann & Ksoll, Patentanwälte, 44791 Bochum) №19924721.8; zayavl. 31.05.1999; Opubl. 0712.2000.

12. Nuriev M. N., Kiselev P. N. Vliyanie konstruktivnykh parametrov ustroistva na masshtab preobrazovaniya pri kontrole formy bobin metodom tenevoi proektsii. Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti, 2006, no. 4. pp. 99–102.

Работа поступила в редакцию
20.04.2016 г.

Принята к публикации
22.04.2016 г.