

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПАКОВОК ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Нуриев М. Н., Сейдалиев И. М., Дадашова К. С., Джаббарова Г. З.

1. Введение

Повышение качества и конкурентоспособности готовой продукции текстильных предприятий напрямую 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 мотки, которые получают либо на безверетенных прядильных машинах, либо путем перематывания початков, получаемых на кольцевых прядильных машинах. 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 дефектов структуры в виде уплотненных участков, жгутовой и ленточной намотки и др.

В настоящее время нет отработанных эффективных методик контроля всех параметров паковок крестовой мотки, влияющих на их качество. Систематически в подготовительном отделе ткацкого производства контролируется только диаметр бобин и их средняя плотность, которая оценивается по массе намотанной нити при известном диаметре намотки.

Второй по значимости составляющей качества паковок является структура намотки, с которой тесно связана форма паковки. Наличие дефектов структуры намотки ведет к росту обрывности при сматывании, что приводит к снижению эффективности снования и ткачества. Своевременное обнаружение таких дефектов позволит устранить причины их появления путем соответствующей наладки оборудования, а бобины с дефектами отправить на повторное перематывание. При этом затраты, связанные с дополнительным перематыванием, значительно ниже затрат, связанных с ликвидацией обрывов в сновании и ткачестве. Таким образом, создание метода автоматизированного контроля структуры намотки и его внедрение на производстве позволит повысить эффективность процессов снования и ткачества и улучшить качество ткани за счет устранения дефектов, сопутствующих ликвидации обрывов.

В связи с этим, проведение исследования, направленного на разработку метода построения графической модели текстильных паковок по экспериментальным данным, представляется актуальной.

2. Объект исследования и его технологический аудит

Объектом исследования являются текстильные паковки, формируемые на машинах с разделенными процессами получения пряжи и ее наматывания,

которые являются самым распространённым на сегодняшний день прядильным оборудованием. Для формирования паковок на таких машинах используются, как правило, мотальные механизмы с фрикционным приводом паковок.

В силу ряда объективных причин, связанных с особенностями работы таких механизмов, в паковках при определенных условиях могут возникать характерные дефекты структуры, которые сопровождаются искажением заданной формы паковок. Оценить качество паковок и работы мотального механизма, на котором они получены, можно на основе анализа отклонения формы паковок от заданной.

Методики и оборудование для инструментального контроля формы текстильных паковок в настоящее время практически отсутствуют.

Для получения полной информации о форме бобин необходимо иметь изображения профиля по сечениям на торцах и образующей. Наиболее перспективным для получения таких изображений является метод теневой проекции в сочетании со средствами автоматизированного распознавания образов. Реализации этого метода основана на использовании устройства для получения изображения теневой проекции и устройства для регистрации этого изображения и его оцифровки. В свою очередь, для работы последнего из них необходимо специальное программное обеспечение, предназначенное для распознавания образа бобин на изображении и построения трехмерной модели паковки [1, 2].

Для снятия первичных данных о форме паковки разработано и изготовлено устройство [3, 4]. В основу его работы положен метод теневой проекции. Схема устройства представлена на рис. 1.

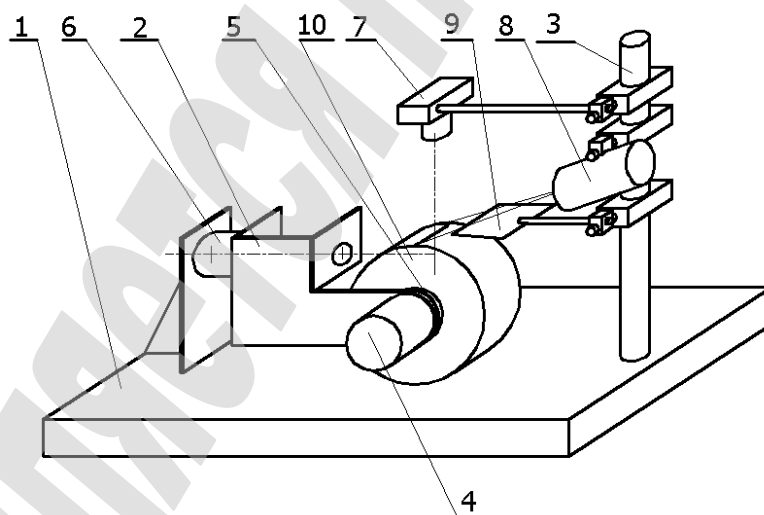


Рис. 1. Схема устройства для снятия первичных данных о форме и размерах паковки

Устройство состоит из станины 1, на которой закреплены кронштейн 2 и штатив 3. На кронштейне 2 крепится с возможностью поворота вокруг оси 6 привод 4 бобинодержателя 5. Привод представляет собой синхронный мотор-редуктор РД-09 (производство РФ) с частотой вращения выходного вала, равной $7,8 \text{ мин}^{-1}$, на котором расположен бобинодержатель.

Кронштейн 2 после поворота может фиксироваться в одном из положений, расположенных под углом 90° друг к другу. На штативе закреплены: цифровая камера 7, осветитель 8 с галогенной лампой и шторка 9. Конструкцией предусмотрена регулировка взаимного положения цифровой камеры, шторки и осветителя по отношению друг к другу и к бобине 10, установленной на бобинодержателе 5.

С помощью регулировок оптическая ось камеры совмещается с осью симметрии паковки. Цифровая камера 7 подключена к ЭВМ через USB-порт. Общий вид устройства приведен на фотографии (рис. 2).



Рис. 2. Вид устройства для снятия первичных данных о форме и размерах паковки

В состав устройства входят также блок управления электродвигателем и осветителем (на рис. 1 не показан). Для точного определения масштаба преобразования вблизи контролируемой поверхности профиля, в поле зрения цифровой камеры, располагается мерная метка с шириной 1 см.

Устройство работает следующим образом. Паковка 10 устанавливается на бобин держатель 5, который находится в вертикальном положении (рис. 2). На паковку под углом 45° к анализируемой поверхности направляется параллельный пучок света от осветителя 8. На пути света установлена шторка 9 с прямолинейным краем. Тень от шторки располагается на контролируемой поверхности паковки. Ее длина зависит от высоты рельефа на профиле паковки. Форма тени в масштабе воспроизводит сечение паковки в месте падения тени. Изображение тени фиксируется цифровой камерой и передается в ЭВМ для последующей обработки. В процессе снятия первичных данных бобина, установленная на бобиндержателе, получает непрерывное вращение от привода. Снятие данных о профиле поверхности производится непрерывно, при этом цифровая камера работает в режиме видеосъемки. Длительность процесса съемки равна длительности одного оборота паковки. Начало и конец процесса снятия первичных данных определяется по изображению метки, нанесенной на поверхность паковки. По завершении снятия первичных данных торцевой

поверхности паковки бобин держатель 5 поворачивается вокруг оси 6 на 90° и производят снятие данных с боковой поверхности паковки. Длительность процесса также равна длительности одного оборота паковки. По завершении процесса бобиндержатель устанавливается в исходное положение, бобина переворачивается на 180° относительно оси вращения, после чего снимаются данные с противоположного торца паковки. По завершении процесса снятия первичных данных производится их передача в ЭВМ для последующей обработки, построения трехмерной модели и расчета показателей, характеризующих форму паковки.

Полученные в результате работы устройства данные содержат достаточно полные сведения о фактической форме бобины. После соответствующей обработки они могут использоваться для получения количественных оценок различных дефектов намотки и для визуального представления бобины в виде трехмерной модели. Укрупненная схема алгоритма получения исходных данных и их обработки для получения визуальной модели и показателей качества, характеризующих форму бобины, приведена на рис. 3.

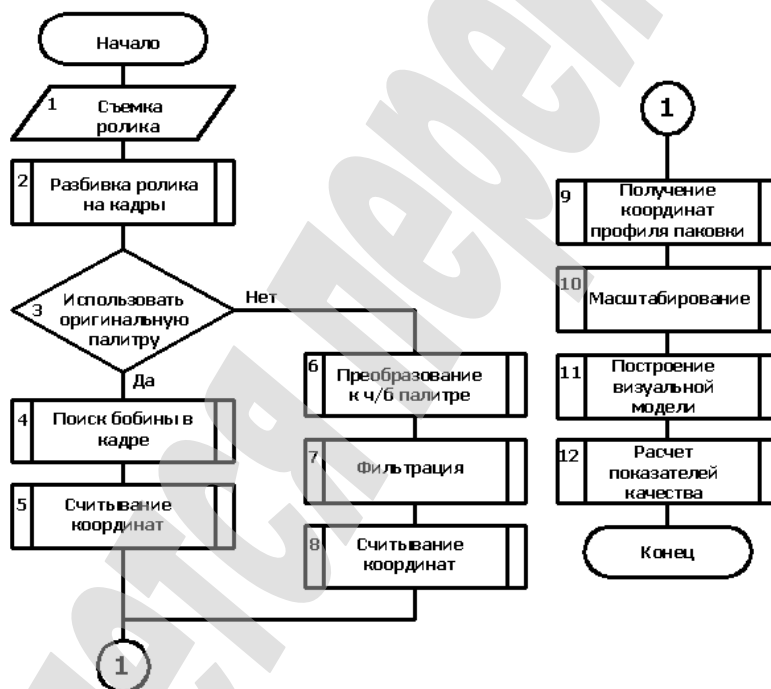


Рис. 3. Укрупненная схема алгоритма получения исходных данных и их обработки для получения визуальной модели и показателей качества

Первичной информацией, получаемой программно-аппаратным комплексом, являются видеоролики, отснятые с помощью цифровой камеры. Ролики записаны в формате QuickTime с расширением mov, который определяется программным обеспечением цифровой камеры. Данный формат является стандартом для работы с видеоизображением в операционных системах семейства MacOS на компьютерах фирмы Macintosh [5].

Для построения трехмерной модели профили поверхности паковки должны быть расположены в определенных плоскостях, причем отсчет

плоскостей при построении боковой и торцевых поверхностей должны совпадать. Для этого на бобине устанавливается метка, расположенная так, чтобы она была видна как при съемке обоих торцов паковки, так и при съемке боковой поверхности бобины. Для построения модели, полученные профили сечения паковки располагаются в плоскостях полученных поворотом каждой последующей плоскости, по отношению к предыдущей.

Для создания графической модели бобин необходимо получить информацию о форме ряда ее меридиональных сечений. Анализ технических решений показал, что наиболее перспективным для получения информации о форме отдельных сечений является метод теневой проекции в сочетании со средствами автоматизированного распознавания образов.

3. Цель и задачи исследования

Целью работы является обеспечение качества текстильных паковок за счет своевременного и объективного контроля их формы.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать устройство на основе метода теневого сечения для автоматизированного считывания данных о форме паковок.
2. Разработка графической модели, позволяющей обрабатывать результаты контроля формы паковки в режиме реального времени.

4. Исследование существующих решений проблемы

Известно, что при нарушении условий формирования бобин возникает ряд дефектов, которые усложняют переработку ее на последующих технологических переходах. Одним из важных составляющих качества бобин крестовой мотки является ее форма, например:

1. *Максимальное отклонение торца от прямолинейности.* Поверхность торцов паковки никогда не бывает плоской, а ее образующие прямолинейными. Причиной неплоскостности торцов паковки является выдавливание слоев намотки, расположенных ближе к патрону слоями, намотанными выше них [6–8].

2. *Уступы на торцах паковки* образуются при недостаточно жесткой конструкции бобинодержателя, когда возможно его смещение в процессе наматывания бобины. При наматывании химических нитей, обладающих высокой релаксацией напряжений, причиной образования уступов на торцах могут быть перерывы в процессе наматывания.

3. *Уступы на образующей бобины* возникают по двум причинам. Первой причиной является то, что на участках реверса нитеводителя (вблизи торцов паковки) производится укладка в тело намотки большего количества материала, чем в середине [7–10]. В результате этого вблизи торцов формируются выступы, на боковой поверхности бобин. Из-за укатки боковой поверхности бобины мотальным валом (или барабанчиком) происходит уплотнение этих выступов и местное увеличение плотности намотки.

Второй причиной образования уступов на образующей является нарушение раскладки нити, неоднократный вылет ее из канавки прорезного барабанчика или потеря нити глазком нитеводителя.

4. *Жгутовая намотка.* Возникает в тех случаях, когда период движения нитеводителя является кратным по отношению к периоду движения бобины [7, 11–13], т. е. передаточное число между ними выражается несократимой дробью m/n . В этом случае нить укладывается на одно и то же место до тех пор, пока диаметр намотки не увеличится настолько, что значение передаточного числа изменится. Как правило, витки нити укладываются на одно и то же место с периодичностью, равной знаменателю n в передаточном отношении между бобиной и нитеводителем. В [14–16] показано, чем больше n , тем меньше нитей в жгуте и тем меньшую опасность представляет он для возникновения обрывов при разматывании бобины. Внешне жгутовая намотка проявляется в виде выступов на боковой поверхности паковки, расположенных под углом подъема – витка к оси паковки.

5. *Гофры на торцах паковки* образуются вблизи патрона, и представляет собой небольшие петли из нитей, потерявших натяжение. Причиной их возникновения является потеря натяжения в нитях, расположенных во внутренних слоях тела намотки, под действием давления вышележащих слоев.

6. *Отклонение бобины от конусности.* Изменение конусности бобины возникает при перекосе оси патрона по отношению к оси мотального вала. Фактическая конусность определяется по формуле:

$$C = \frac{r_{\max cp} - r_{\min cp}}{l_{cp}},$$

где $r_{\min cp}$ и $r_{\max cp}$ – усредненные значения минимального и максимального радиуса паковки; l_{cp} – усредненное значение длины образующей паковки.

Для оценки правильности формы бобин разработан ряд приборов, основанных на контактных методах, однако они имеют ограниченное применение, в основном при научных исследованиях. В последнее время зарубежными фирмами [17–19] предлагаются приборы и контрольно-разбраковочные комплексы, работа которых основана на снятии первичной информации о форме бобин методами технического зрения, с последующей обработкой ее на ЭВМ с помощью специального программного обеспечения. В данный момент проводится работа по созданию подобного комплекса. Рассмотрим в целом круг задач, решение которых требуется при этом.

5. Методы исследования

Суть метода теневой проекции в сочетании со средствами автоматизированного распознавания образов заключается в том, что над измеряемой поверхностью устанавливается нож 1 (рис. 4) [11, 20]. Под углом α к нормали $n-n$ направляется параллельный пучок O_1-O_1 света. Тень от ножа b , падая на поверхность, повторяет ее профиль a . О форме и размерах сечения судят по видимому изображению тени в приборе наблюдения, оптическая ось которого O_2-O_2 наклонена под углом β к нормали $n-n$.

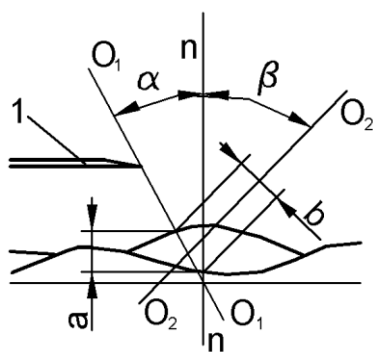


Рис. 4. Схема для получения информации о форме отдельных сечений

В качестве регистрирующего устройства используется цифровая камера с ПЗС-матрицей (сокр. от «прибор с зарядовой связью»), или CCD-матрица (сокр. от англ. CCD, «charge-coupled device»), такие матрицы с небольшой разрешающей способностью состоят из 2 млн. пикселей – 1600×1200 пикселей. Такое количество элементов позволяет получить изображение с разрешением 10 лин/мм. Видимый диаметр x/b пряжи с линейной плотностью 50 текс составляет 0,25 мм. Таким образом, разрешающая способность недорогих цифровых фотокамер мала для фиксации отдельных нитей. В настоящее время практически все цифровые фотокамеры имеют возможность снимать видеоролики. Как правило, запись производится сначала во внутреннюю память, а затем переносит на установленный модуль памяти. Продолжительность такой записи составляет 20 секунд, хотя этот показатель может варьироваться в зависимости от объема встроенной памяти. Съемка проводится с разрешением кадра 320×240 пикселей. Экспериментальные данные показывают, что при таком разрешении получается масштаб в 1 мм 2 пикселя. Очевидно, что при таком масштабе невозможно различить отдельную нитку, но для определения наличия дефектов формы паковки этого вполне достаточно.

Использование видеосъемки вращающейся бобины позволяет получить изображение меридионального сечения одной из ее поверхностей при разных углах поворота. Для получения полных сведений о форме меридионального сечения бобин съемка производится трижды, для каждого торца и для боковой бобины. На основании этих данных строится трехмерную модель бобин.

Дальнейшая обработка изображения производится средствами специального программного обеспечения [21, 22], которое обеспечивает решение следующих задач:

- определение масштаба изображения;
- разделение видеоролика на кадры;
- подготовка кадров к обработке;
- определение контура паковки на изображении сечения;
- построение 3D-модели;
- считывание единичных показателей погрешности формы бобины;
- формирование комплексного показателя качества формы бобины.

Рассмотрим подробнее методы решения некоторых из них. Для определения масштаба пользователь вводит координаты начала и конца мерного отрезка длиной 1 см по изображению. Для этого, при съемке видеоролика, на одном уровне с бобиной устанавливается линейка с эталонным мерным отрезком. В

результате программа получает координаты двух точек на изображении и высчитывает количество пикселей между ними. Масштаб определяется как количество пикселей в одном сантиметре. Масштаб сохраняется после обработки паковки в настройках программы, и пользователь может не переопределять его значение, пока не начнется обработка другой бобины.

На втором этапе происходит процесс разбивки роликов на кадры. Для этого используется набор управляющих команд из библиотеки QuickTime, которая предназначена для работы с видеоизображением, хранящемся в формате MOV. Каждый видеоролик разбивается на кадры, которые хранятся в графическом файле со стандартным расширением BMP.

На третьем этапе происходит процесс подготовки полученных кадров к считыванию координат профиля. Этот процесс заключается в удалении из кадра изображения, не относящегося к паковке, что позволяет ускорить процесс получения координат. Процесс отсечения элементов изображения, не относящихся к паковке, может быть осуществлен двумя способами. Первый работает на основе стандартных функций по обработке файлов типа BMP и выбирает рабочую область изображения автоматически. При втором способе пользователь должен сам определить границы рабочей области для каждого ролика.

Решение задачи определения контура паковки сводится к выделению более яркой, чем фон, области паковки на изображении. Для того чтобы программный продукт корректно определил границу профиля бобин, необходимо задать цвет, который будет определять бобины. Пользователь должен определить точку с наиболее темным цветом, принадлежащую паковке. Делается это при помощи указания мышью на изображение бобины. Данный параметр необходим также для определения точки начала изображения бобины на кадрах. Все пиксели, которые темнее указанного цвета, не будут принадлежать области бобин. Поиск границ профиля производится сканированием изображения по столбцам, начиная с верхних точек, которые всегда принадлежат фону, до обнаружения первой точки, принадлежащей бобине. Координата этой точки принимается за координату профиля сечения бобины.

6. Результаты исследования

Изображение фона может содержать дефекты в виде отдельных точек близких по цвету к цвету бобин, которые могут быть приняты программой за точку профиля паковки. Для их исключения на этапе обработки изображения вводится специальный параметр – максимальный разрыв. Он определяет максимально возможное отклонение считываемой координаты от предыдущей, в сантиметрах. Если текущая точка имеет разрыв больше заданного, то она не принадлежит бобине и поиск точки профиля в текущем столбце продолжится до нахождения корректной координаты. Полученные координаты профиля хранятся в виде вектора.

После считывания координат и записи их в память следует этап построения трехмерной модели. При построении модели необходимо обеспечить совпадение изображений торцов и боковой поверхности паковки. Для этого при съемках на поверхности бобин устанавливается метка, которая видна на каждом из исходных

роликов. Отсчет кадров производится от этой метки. Угол между соседними сечениями при построении модели определяется по формуле:

$$\psi = 360^\circ/n,$$

где n – количество кадров за один оборот паковки.

Схематическое изображение модели паковки, полученной по результатам работы программы, приведено на рис. 5. После обработки результатов измерений профили паковки получены в координатах YOZ . Трехмерная модель паковки строится в системе координат $OX'Y'Z'$. Ось OZ' совпадает с осью OZ . Плоскость YOZ для каждого сечения получается поворотом плоскости $Y'OZ'$ относительно оси OZ' на угол $n\psi$, где n – номер профиля. На рис. 5 показано построение второго профиля.

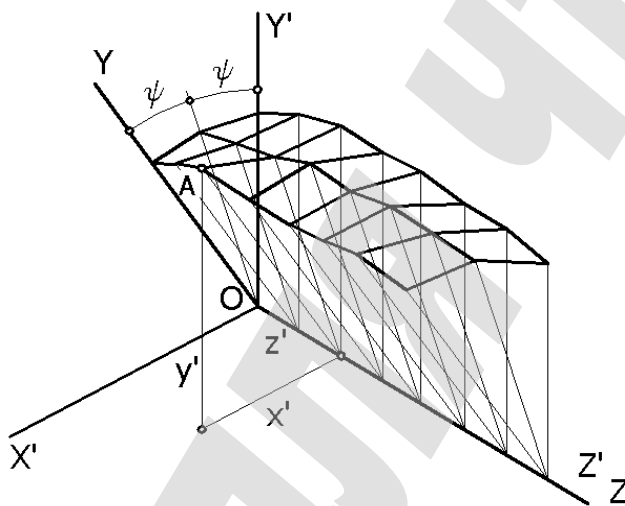


Рис. 5. Схема построения объемной графической модели паковки

Точка A , имеющая на профиле, т. е. в системе координат YOZ , координаты y, z , в системе координат $OX'Y'Z'$ будет иметь координаты x', y', z' , которые можно рассчитать по формулам:

$$x' = y \sin n\psi,$$

$$y' = y \cos n\psi,$$

$$z' = z.$$

где x, y, z – координаты точки поверхности бобины в системе координат, связанной с меридиональным сечением, проходящим через эту точку;

x', y', z' – координаты этой же точки в системе координат в которой строится графическая модель паковки,

Визуальное построение модели реализовано с использованием библиотеки OpenGL [13, 23]. После построения соответствующие точки профилей соединяются между собой, образуя сетчатую поверхность, состоящую из четырехугольников.

При реализации программного обеспечения предусмотрено 3 способа отображения трехмерной модели паковки:

- 1) отображаются только точки профиля без соединительных линий;
- 2) отображаются точки профиля и их соединительные линии;
- 3) отображаются точки и полигоны соединяющие их.

По приведенным выше алгоритмам было разработано программное обеспечение, позволяющее получать графические модели паковок на основе контроля их формы методом теневой проекции. Для демонстрации возможностей модели отражать реальную форму паковки со всеми присущими ей дефектами в качестве образцов выбирались паковки с разных машин, с дефектами и без них. На рис. 6, *а* представлена модель паковки, наработанной на пневмомеханической прядельной машине R-40 фирмы Rieter (Германия). Бобина с малой конусностью (2°) имеет почти идеальную форму, без каких-либо дефектов на торцах и боковой поверхности, а на рис. 6, *б* графическая модель паковки намотанной на пневмомеханической прядельной машине ППМ-120 (Россия) до жгутового диаметра. На модели хорошо видны жгутовые образования и выпуклости торцов.

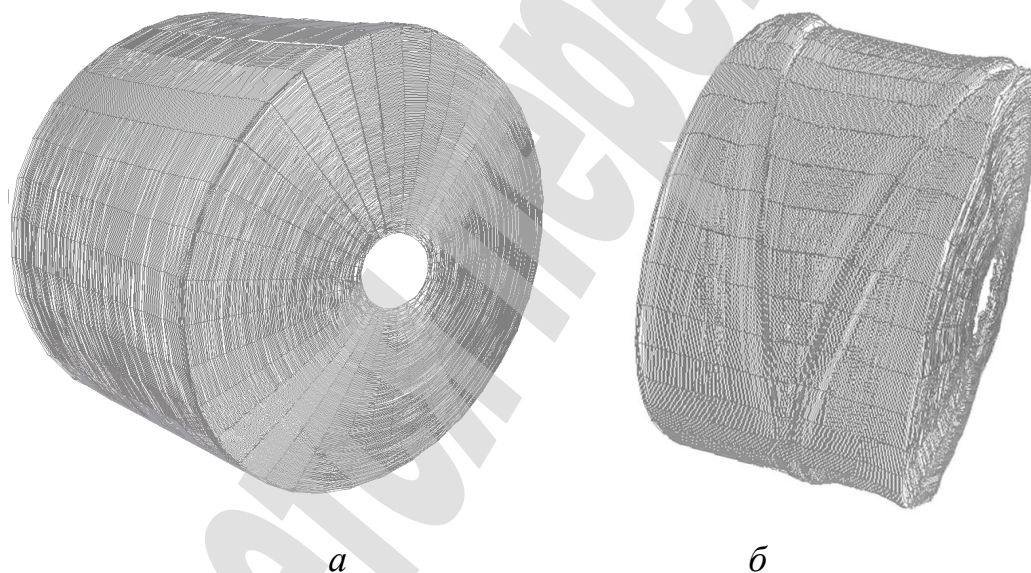


Рис. 6. Графическая модель паковки намотанной на пневмомеханической прядельной машине: *а* – R-40 фирмы Rieter (Германия); *б* – ППМ-120 (Россия) со жгутовой намоткой

Графические модели имеют при анализе качества паковок вспомогательное значение. Основная оценка пригодности бобин к дальнейшей переработке должна осуществляться на основе количественных показателей, характеризующих отдельные дефекты формы паковок и обобщенного показателя, характеризующего форму бобины в целом.

В качестве исходных данных для расчета единичных показателей могут использоваться данные о форме паковки, полученные по результатам обработки видеороликов. Методика получения трехмерной графической модели паковки описана в [23, 24].

7. SWOT-анализ результатов исследований

Strengths. Построенную модель можно сохранить в базе данных для накопления статистики, а также последующего восстановления параметров бобин для анализа их другими методами. В качестве ядра базы данных выбрано Microsoft Jet, которое используется в системе управления базой данных (СУБД) Microsoft Access.

Weaknesses. Для расчета параметров по данной методике необходимо значительное количество времени.

Opportunities. По построенной модели можно вычислить ряд единичных показателей, характеризующих отклонение формы бобин от заданной и на основе их в дальнейшем сформировать комплексный показатель для оценки качества формы паковки. Сравнивая значения комплексного показателя с заданным можно производить автоматизированную разбраковку бобин, аналогичную той, которая выполняется устройством, описанным в [10].

Threats. Для внедрения полученных результатов исследования необходимо приобрести лицензионные программы и обучить персонал, как на них работать.

8. Выводы

1. На основе метода теневого сечения разработано устройство для автоматизированного построения графической модели бобин, позволяющее производить анализ формы паковки для своевременного выявления дефектов намотки. Его особенностями является получение первичных данных в виде видеороликов с изображением торцевых и боковых поверхностей бобины. Благодаря таким особенностям обеспечивается возможность обработки массив координат точек, характеризующих формы бобины.

2. Благодаря разработке графической модели формы паковки стало возможным оценивать получаемые результаты в режиме реального времени, обеспечивая оперативные функции контроля качества технологического процесса.

Литература

1. Nuriyev M., Dadashova K., Radzhabov I. Development of Methods for Recognition of Structural Defects Using Package Surface Image // ScienceRise. 2016. Vol. 4. No. 2 (21). P. 6–10. doi: <http://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.66143>

2. Jhatial R. A., Peerzada M. H., Syed U. Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Yarn // Mehran University Research Journal of Engineering and Technology. 2016. Vol. 34, No. 1. P. 25–32.

3. Real-time graphic visualization of filament band winding for fiber-reinforced cylindrical vessels / Fu J. et al. // Journal of Composite Materials. 2016. Vol. 50, No. 16. P. 2165–2175. doi: <http://doi.org/10.1177/0021998315602325>

4. Nuriyev M. N., Musayeva T. T. Development of Algorithms Surface Recognition Forging Cross Winding // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Mechanical-technological systems and complexes. 2016. Vol. 49. No. 1221. P. 52–55.

5. Alphabetic Index of Functions // Developer Connection. URL: <http://mirror.informatimago.com/next/developer.apple.com/documentation/QuickTime/APIREF/INDEX/funcalphaindex.htm>

6. Nuriev M. N., Kiselev P. N. Analiz mekhanicheskikh metodov kontrolya geometricheskikh parametrov pakovok // Teoreticheskaya i prikladnaya mekhanika. 2007. No. 4. P. 110–115.

7. Nuriyev M. N. Destructive Methods of Controlling the Density Distribution of the Winding Body // Progressive Technologies and Systems of Mechanical Engineering. 2016. Vol. 4. No. 55. P. 44–48.

8. Nuriyev M. N., Imanova G. M. Mechanical and Optical Methods and Means of Controlling Geometric Sizes and Shapes of Textile Packages // Bulletin of Science and Practice. 2016. Vol. 5. No. 6. P. 65–74.

9. Eksperimental'noe issledovanie plotnosti namotki tekstil'nykh pakovok / Stepanov V. A. et al. // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 1984. No. 3. P. 112–115.

10. K analizu raspredeleniya osevoy plotnosti pakovok krestovoy namotki / Zhariy Yu. I. et al. // Izvestiya vuzov Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 1988. No. 5. P. 61–64.

11. Rudovsky P. N. Influence of Parameters of the Winding Mechanism on Laying Coils in Tourniquet Formation // News of Higher Educational Institutions, Technology of Textile Industry. 1995. No. 6. P. 108–111.

12. Kafique A. J., Mazhar H. P., Uzma S. Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Yarn // Mehran University Research Journal of Engineering and Technology. 2016. Vol. 34. No. 1. P. 25–32.

13. Teoriya vybora i prinyatiya resheniy / Makarov I. M. et al. Moscow: Nauka, 1982. 195 p.

14. Rudovskiy P. N., Nuriev M. N., Yusupov F. Sh. Analiz formirovaniya zhgutovoy namotki s tochki reniya silovykh vzaimodeystviy nitey // Uzbekskiy zhurnal «Problemy mekhaniki». 1994. No. 2. P. 29–31.

15. Ashhepkova N. S. Mathcad in the Kinematic and Dynamic Analysis of the Manipulator // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. Vol. 5. No. 7 (77). P. 54–63. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51105>

16. Real-Time Graphic Visualization of Filament Band Winding for Fiber-Reinforced Cylindrical essels / Jianhui F. et al. // Journal of Composite Materials. 2015. Vol. 50. No. 16. P. 2165–2175. doi: <http://doi.org/10.1177/0021998315602325>

17. Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Yarn / Jhatial R. A. et al. // Mehran University Research Journal of Engineering and Technology. 2016. Vol. 34. No. 1. P. 25–32.

18. Liangxue L. Control System for Textile Winding Machine Convenient for Loading of Bobbin, 2015: IPC: B65H54/547, B65H63/00, B65H67/04, CN104386539 (A).

19. Sistema kontrolya bobin. Automatic bobbin laser inspector // International textil Buletin. Chemiefasern-textilindustrie. 1997. Vol. 47. No. 4. P. 304.

20. Sistema kontrolya pakovok. New laser inspection system for POY and DTY packages // Text. Technol. Dig. 1996. Vol. 53. No. 6. Pt. 2. P. 90.

21. Kuchin A. A., Obradovich K. A. Opticheskie pribory dlya izmereniya sherokhovatosti poverkhnosti. Leningrad: Mashinostroenie. 1981. 197 p.

22. Programmnoe obespechenie dlya postroeniya trekhmernoy modeli pakovki / Kiselev P. N. // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta (KGTU). 2004. Vol. 9. P. 87–89.

23. Rudowskij P. N. Kontrolle des spulenaufbau bei wilder wicklung // Melliand Textilberichte. 1997. No. 3. P. 138.

24. Development of a Device for Continuously Monitoring the Parameters of the Winding Structure of Textile Bobbins / Nuraddin-Nuriyev M. et al. // Ingeniería Solidaria. 2018. Vol. 14. No. 24. P. 1–15.

ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ