

УДК 674.053.23

А.Г. ДОМБРОВСКИЙ, Е.П. ДОМБРОВСКАЯ, О.Ф. БОГДАНОВА
Херсонский национальный технический университет**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ
МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК**

В статье рассмотрены различные способы формирования мотальных паковок. Также проанализированы различные принципы раскладки нити и конструкции основных устройств механизмов для ее осуществления.

Ключевые слова: перематывание пряжи, формирование паковок, мотальные паковки, мотальные механизмы.

А.Г. ДОМБРОВСЬКИЙ, О.П. ДОМБРОВСЬКА, О.Ф. БОГДАНОВА
Херсонський національний технічний університет**АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ФОРМУВАННЯ
МОТАЛЬНИХ ПАКУВАНЬ**

У статті розглянуті різні способи формування мотальних пакувань. Також проаналізовані різні принципи розкладки нитки і конструкції основних пристроїв механізмів для її здійснення.

Ключові слова: перемотування пряжі, формування пакувань, мотальні пакування, мотальні механізми.

A.G. DOMBROVSKY, O.P. DOMBROVSKA, O.F. BOGDANOVA
Kherson National Technical University**ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGY FOR THE FORMATION
OF COALS PACKAGING**

In the article different ways of formation of the coals are considered. Also analyzed are the different principles of the layout of the thread and the design of the main device mechanisms for its implementation.

Keywords: rewinding of yarn, forming of packages, coal packaging, motorized mechanisms.

Постановка проблеми

Вопросам формирования паковок текстильных нитей посвящено большое количество научных трудов. Многие ученые в разное время обращались к проблемам перематывания нитей и находили пути их решения, которые отвечали уровню развития науки и техники в соответствующий период времени.

Анализ последних исследований и публикаций

Теоретические основы перематывания пряжи и формирования паковок были заложены в середине прошлого века известными учеными Минаковым А.П., Малышевым А.П., Чемисовым Н.И. [1]. Значительный вклад на базе этих трудов внесли профессора Гордеев В.А., Ефремов Е.Д., Александров С.А. Их исследования были направлены на изучение основных аспектов движения нити в процессах сматывания и наматывания и закономерностей, которые определяют структуру мотальных паковок [2]. Дальнейшее развитие теория перематывания текстильных нитей получила в работах профессоров Прошкова А.Ф., Бородина А.И., Щербаня В.Ю., Прохоровой И.А., в которых отражены теоретические разработки и экспериментальные исследования механики нити, а также кинематики и динамики мотальных механизмов [2]. При этом авторы указывали на необходимость прогнозирования не только параметров протекания процесса перематывания, но и свойств текстильных паковок, которые обусловлены процессами их дальнейшей переработки. Рассмотрим обозначенные проблемы формирования мотальных паковок в данном аспекте.

Формулирование цели исследования

Необходимость изучения особенностей формирования паковок обусловлена практической потребностью решения задач по повышению качества продукции и эффективности производства, связанных с требованиями конкретного технологического процесса, в котором они будут использоваться в дальнейшем. Например, паковки, применяемые при производстве тканей и трикотажа, должны иметь максимально допустимую плотность, обеспечивающую беспрепятственный сход нити при осевом сматывании с высокой скоростью [3]. Паковки, которые подвергаются процессам жидкостной обработки, должны обладать достаточной пористостью, равномерным распределением плотности намотки, как в продольном, так и в радиальном направлениях и способностью выдерживать гидродинамические

нагрузки. При этом технологический процесс формирования паковок должен быть организован так, чтобы свойства пряжи, полученной в процессе прядения, были по возможности сохранены. Необходимость изучения процесса формирования паковок в последнее время связана также со стремительным развитием компьютерных технологий, что дает возможность создания математических моделей процессов и оптимальных структур паковок.

Изложение основного материала исследования

Структура мотальных паковок определяется закономерностями процессов их формирования, которые представляют собой совокупность процессов сматывания одиночной нити с входящей паковки и наматывания ее на поверхность вращения. Ефремов Е.Д. в работе [4] отмечает, что наматывание осуществляется при одновременно происходящем вращении паковки вокруг оси и возвратно-поступательном движении нити вдоль паковки с помощью нитераскладчика. При этом все разнообразие частных случаев процесса наматывания, которые реализуют различные виды движений нитераскладчика и паковки, с помощью принципа относительности движения сводятся к основному способу.

Наибольшее распространение в практике формирования мотальных паковок получил фрикционный способ наматывания, при котором бобина 1 получает вращение посредством контакта с мотальным барабанчиком 2 (рис. 1).

В результате образуется бобина крестового наматывания (рис. 2), на структуру которой, а значит и на качество намотки, главное влияние оказывают:

- диаметр наматываемой нити, от которого зависит плотность намотки бобины, вид нитенатяжителя и габариты паковки;
- угол сдвига витков ψ ;
- угол скрещивания 2α и угол подъема витков α , которые определяют механическую прочность паковки, то есть устойчивость ее к рассыпанию;
- угол раскладки β ;
- угол геодезического отклонения, который должен быть меньше коэффициента трения витков о поверхность патрона или намотки.

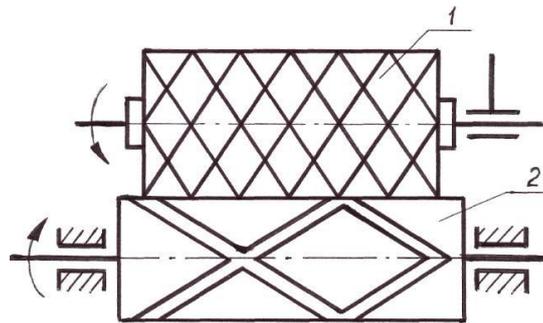


Рис. 1. Схема механизма фрикционного наматывания

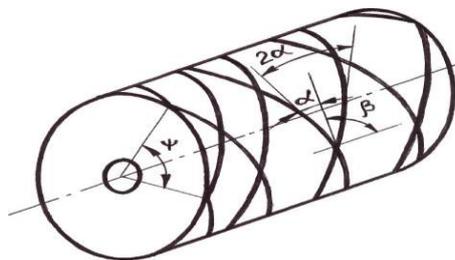


Рис. 2. Схема крестовой намотки

Основным преимуществом такого способа наматывания является постоянная достаточно высокая линейная скорость перематывания, которая обеспечивается конструкцией нитераскладчика – мотальный барабанчик с винтовой канавкой, так как в этом случае в мотальном механизме нет частей, движущихся возвратно-поступательно. Реальная скорость перематывания пряжи на текстильных предприятиях составляет 10-15 м/с. Однако в условиях постоянно повышающихся скоростей переработки текстильных полуфабрикатов такие скорости перематывания не обеспечивают дальнейшего повышения производительности оборудования и повышения эффективности производства в целом, то есть достигнут некоторый предел скоростных режимов перематывания, который обусловлен конструктивными особенностями существующих мотальных механизмов. Подробно эти проблемы

рассмотрены в работах [4, 5], а в работе [6] Малофеев Р.М., проведя теоретические исследования, доказал, что предельная технологическая скорость перематывания может достигать 100 м/с, но при условии отсутствия механических и аэродинамических сопротивлений движению нити.

Наряду с этим основным недостатком существует еще ряд проблем фрикционного способа наматывания. Одной из таких проблем является невозможность формирования паковок с заданной структурой, которая в основном определяется уровнем и характером распределения объемной плотности намотки. Поэтому изучение принципиально-отличительных признаков намоток мотальных паковок позволяет не только упростить их изучение, но и определить пути создания намоток с новыми свойствами.

В работе [7] авторы рассматривают структуру мотальной паковки с точки зрения ее дальнейшего применения. Если бобины предназначены для переработки на ткацких станках (в качестве утка), на вязальных машинах или в сновании, то они должны обладать повышенной объемной плотностью, то есть иметь сомкнутую структуру намотки (рис. 3, а). Бобины, идущие в промывку, крашение и сушку, должны быть более рыхлой структуры, способной пропускать краситель через тело намотки, то есть иметь достаточно большую воздухопроницаемость и равномерную плотность как в осевом, так и в радиальном направлении. В этом случае в производстве целесообразно использовать паковки застиистой и сотовой намотки (рис. 3, б, в). При этом все бобины независимо от технологии их последующей переработки должны обладать равновесностью, исключающей слеты витков с поверхности намотки.

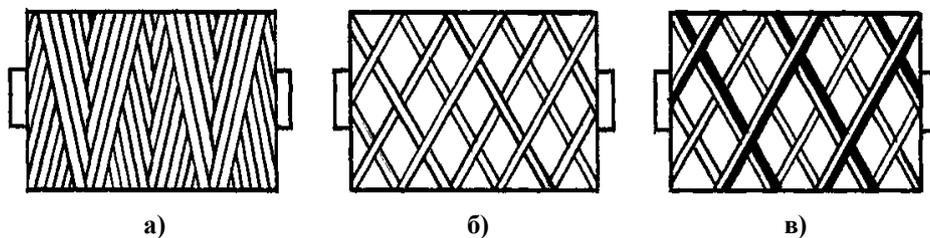


Рис. 3. Виды крестовой намотки

Однако рассмотрение слоев цилиндрических и конических бобин крестовой намотки, полученных с применением фрикционного мотального барабанчика, позволяет установить, что объемная плотность паковок в радиальном и меридиальном направлениях распределяется неравномерно. Профессор Гордеев В.А. в [8] указывает, что плотность на торцевых участках паковок превышает плотность в середине паковки в 1,5-2 раза, что обусловлено самим принципом действия мотального механизма фрикционного типа. Удельная плотность намотки обратно пропорциональна синусу угла скрещивания витков, что отображено в следующей зависимости:

$$\gamma = \frac{K_1}{\sin 2\alpha}, \quad (1)$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности, зависящий от линейной плотности нитей и геометрических размеров рассматриваемого слоя.

В работе [9] профессор Кленов В.Б. рассматривает изменение удельной плотности намотки в зависимости от угла раскладки витков β с целью построения математической модели процесса формирования паковок текстильных нитей и использования ее для установления связи между параметрами намотки и условиями наматывания. Таким образом, оба автора показывают значительное влияние на величину удельной плотности намотки параметров витка нити, которые в каждой его точке характеризуются структурными углами α и β . Угол подъема витков α на участках, прилегающих к торцам бобины ($\alpha_{\text{пр}}$ – правого торца, $\alpha_{\text{лп}}$ – левого торца), стремится к нулю (соответственно угол раскладки β – к максимуму), что обусловлено замедлением движения нитеводителя. В результате этого на торцах бобины наматывается большее количество пряжи (рис. 4).

Уплотненные торцы бобины приводят к резким изменениям натяжения в процессах осевого сматывания при сновании и в ткачестве. Решить эту проблему Гордеев В.А. предлагает за счет равномерного распределения точек изменения направления витков нити по всей поверхности бобины [8,9].

В работе [10] автор рассматривает взаимосвязь плотности намотки крестовой бобины в радиальном направлении с ее структурой и отмечает, что бобина имеет неравномерную периодически изменяющуюся послойную плотность, обусловленную закономерным изменением угла сдвига витков φ .

При этом наиболее уплотненные места соответствуют моментам, при которых угол сдвига витков становится равным углу при сомкнутой намотке (то есть становится равным диаметру нити) (рис. 5).

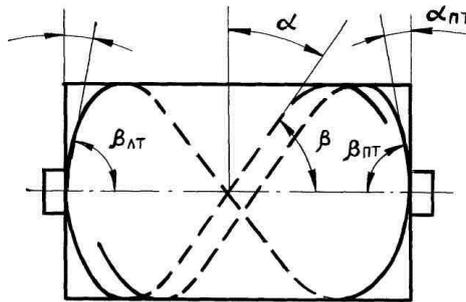


Рис. 4. Расположение витка нити на поверхности паковки

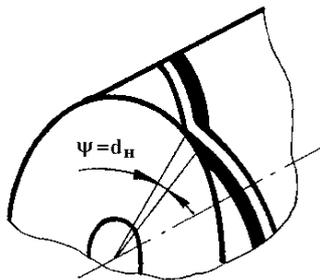


Рис. 5. Расположение витков нити при сомкнутой намотке

В случае если угол сдвига витков ψ становится равным нулю, начинается образование жгутовой намотки [10], которое сопровождается резким возрастанием диаметра бобины и крайне неравномерным распределением массы нитей в паковке за счет накладывания витков пряжи друг на друга. Этот неустранимый дефект наматывания приводит к серьезным нарушениям структуры паковки и к неравномерности натяжения сматываемой нити в точках отрыва от паковки. Кроме того, повышенная плотность намотки в торцах, возрастающая с увеличением диаметра бобины, вызывает сдвиг витков на участках с пониженной плотностью, что в некоторых случаях приводит к невозможности сматывания нити в дальнейших процессах переработки паковок.

Существует множество способов борьбы со жгутообразованием. Так, например, чтобы устранить жгуто- и лентообразование в формируемой паковке авторы в [11] предлагают технологический угол раскладки β циклично изменять на минимально существующую величину. Полученные ими зависимости позволяют спроектировать рассеивающее устройство дифференциального типа, обеспечивающее надежное рассеивание наматываемых витков [11]. В работах [12, 13] предложены конструкции приклонов мотальных механизмов, которые также обеспечивают угловое рассеивание витков в процессе формирования паковок. Оригинальный способ борьбы со жгутообразованием предложен в статье [3]. Автор разработал автономный микропроцессорный привод раскладчика нити на пневмомеханической прядильной машине, который обеспечивает регулирование и оптимальную плотность намотки по ширине паковки и ее торцам; устранение ленточной и жгутовой намоток; регулирование отклонение формы паковки от ее цилиндричности, а также значительное упрощение кинематической схемы раскладчика и машины в целом. Однако применение этих методов с использованием фрикционного мотального барабанчика малоэффективно.

Характер распределения объемной плотности в осевом и радиальном направлениях является весьма важным не только для процессов сматывания нити с паковок, но и для окрашиваемых паковок. Проведя соответствующие исследования в работе [8] автор получил аналитическую зависимость объемной плотности намотки в радиальном направлении от факторов, определяющих структуру паковки на машинах с осевым и фрикционным приводом: угол подъема и сдвига витков, шаг и длина витка, диаметр и линейная плотность нити. Согласно [9] наряду с этими факторами на величину средней объемной плотности и характер ее распределения влияют факторы натяжения нити и нажимного усилия, возникающие в местах соприкосновения поверхности бобины с каким-либо звеном наматывающего механизма. Такой же вывод сформулирован в работе [11], в которой автор рассматривает межслойные давления в теле намотки, вызывающие напряженно-деформированное состояние паковки и влияющие на качество самого наматываемого материала.

Влияние нажимного усилия при изучении механики процессов фрикционного наматывания нити и закон распределения напряжений в зоне контакта бобины с мотальным барабанчиком также рассматривал в своих исследованиях Рудовский П.Н. [12]. Задача о напряженном состоянии в этой зоне осложняется тем, что тело паковки представляет собой анизотропное вязкое тело. Описанный автором метод позволяет аналитически определять напряжения и перемещения в паковке, которые возникают при контакте ее с мотальным барабанчиком.

Характер контактных взаимодействий во фрикционной паре «барабанчик-бобина» рассмотрен в работе [6], в которой сказано, что в периоды отключения и включения электродвигателя бобина проскальзывает по поверхности барабанчика за счет мгновенного приложения к ней дополнительных моментов от сил инерции и отсутствия жесткой связи между бобиной и барабанчиком. Это вызывает смещение одного витка нити относительно другого и приводит к дополнительным нарушениям структуры паковки.

Также негативное влияние на качество паковок, формируемых фрикционным способом, оказывает дополнительное натяжение нити, которое возникает в результате трения ее в канавках мотального барабанчика [9]. Более подробно эта проблема рассмотрена профессором Прохоровой И.А., где рассматриваются условия динамического взаимодействия нити с винтовой канавкой мотального барабанчика. Результатом этого взаимодействия является изменение траектории движения нити, что приводит к ее выбросу из канавки и нарушениям правильной формы витка на поверхности паковки.

Все вышеизложенные дефекты структуры и формы мотальных паковок обусловлены особенностями фрикционного способа наматывания, основной характеристикой которого является постоянство окружной скорости паковки и скорости раскладки нити, то есть соотношение угловых скоростей паковки и нитераскладчика постоянно изменяется за время наработки бобины. В результате по мере увеличения диаметра намотки от d_1 до d_2 угол скрещивания витков 2α остается неизменным (то есть $2\alpha_1 = 2\alpha_2$), а число витков в каждом последующем слое уменьшается (рис. 6). Это приводит к изменению формы витков нити в каждом слое наматывания и уменьшению числа точек пересечений витков нити на единицу площади поверхности наматывания, то есть в каждом слое рисунок расположения этих точек уникальней. Вследствие этого расстояния между соседними витками нитей значительно увеличиваются, что приводит к послойной неравномерности плотности намотки в радиальном и меридиальном направлениях (рис. 6).

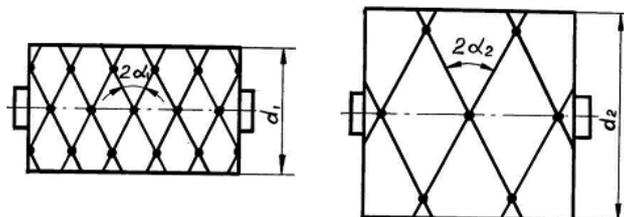


Рис. 6. Послойная структура поверхности наматывания, полученная фрикционным способом

Постоянное передаточное отношение между паковкой и нитераскладчиком, а значит и одинаковое количество витков в каждом слое, обеспечивают конструкции мотальных механизмов, которые формируют прецизионную намотку. Прецизионное наматывающее устройство (ПНУ) состоит из двух механизмов [14], один из которых сообщает паковке 1 вращение с постоянной частотой n_1 , а второй сообщает нитераскладчику 2 возвратно-поступательное, качательное или вращательное движение с частотой n_2 , причем отношение n_1 / n_2 сохраняется при формировании паковки постоянным (рис. 7).

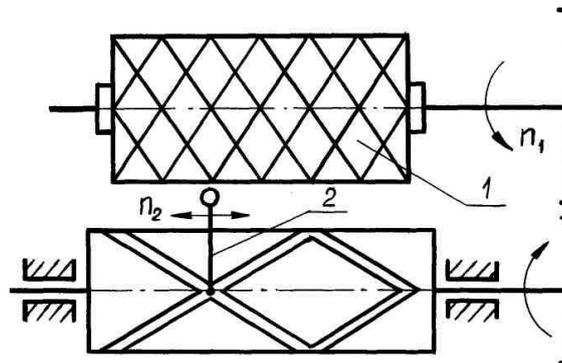


Рис. 7. Схема механизма прецизионного наматывания

Структура формируемой с помощью ПНУ паковки зависит от начального угла скрещивания витков $2\alpha_0$, числа наматываемых витков i за один двойной ход нитераскладчика и геометрических размеров паковки. Одним из основных параметров, существенно влияющих на структуру паковки, является число i , которое можно определить по формуле:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2 \cdot H}{h} = \frac{2 \cdot H}{\pi \cdot d_0 \cdot \operatorname{tg} 2\alpha_0}, \quad (2)$$

где H – высота намотки, м;

h – шаг витков рассматриваемой прослойки, м;

d_0 – начальный диаметр намотки, м.

Угол скрещивания витков 2α при увеличении диаметра d тела намотки уменьшается по закону

$$2\alpha = \operatorname{arctg} \frac{d_0 \cdot \operatorname{tg} 2\alpha_0}{d}. \quad (3)$$

Следовательно, при прочих равных условиях плотность тела намотки при увеличении диаметра d остается практически постоянной. Этот вид намотки характеризуется постоянным количеством точек пересечений витков нити на единицу площади боковой поверхности паковки (рис. 8).

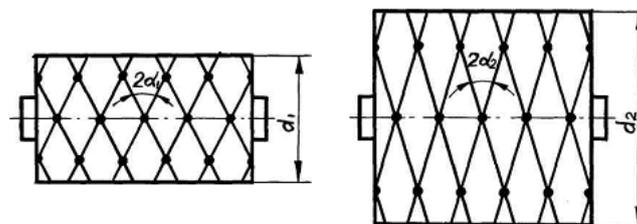


Рис. 8. Послойная структура поверхности наматывания, полученная прецизионным способом

Существенное влияние на плотность паковки оказывает величина угла сдвига витков ψ . При наматывании нити, подвергающейся жидкостной отделке в паковке, угол ψ можно брать в пределах $11^\circ \leq \psi \leq 19^\circ$ или $341^\circ \leq \psi \leq 349^\circ$ [14].

Одной из основных задач, решаемых при получении паковок крестовой намотки прецизионным способом наматывания, является правильный выбор структуры паковки, поскольку распределение витков нити вдоль образующей тела намотки и величина угла поворота витка на торце патрона определяют структуру паковки и обуславливают ее дальнейшее применение в конкретном технологическом переходе [9]. Бобины с прецизионной намоткой преимущественно используются для мокрой обработки, так как они достаточно хорошо сматываются до последнего слоя нити, не имеют зон ленто- и жгутообразования и обеспечивают постоянство плотности по образующей и радиусу тела намотки. Перечисленным требованиям отвечают, например, паковки со структурами, полученными при прецизионном способе наматывания на мотальной машине марки МПМО-8 (Россия). Авторы предлагают управлять плотностью паковки без изменения геометрических размеров тела намотки за счет

использования при прецизионном способе наматывания оригинальных передаточных отношений между паковкой и нитераскладчиком, равных 3,0526; 2,5628; 2,967.

Однако, прецизионный способ наматывания, несмотря на свои достоинства, не получил широкого распространения в технологии перематывания, так как имеет ряд существенных недостатков [6]. Основной недостаток связан с конструкцией мотального устройства, которое предусматривает принудительное вращение бобины через жесткую передачу и наличие звена, движущегося возвратно-поступательно. Такая технически сложная конструкция не позволяет добиться постоянной скорости перематывания, что необходимо для нормального протекания процесса, а возвратно-поступательное движение нитераскладчика в определенной степени ограничивает частоту вращения приводного вала и косвенно максимальный диаметр паковки. Поэтому надежность работы прецизионных мотальных машин обеспечивается при частоте вращения не более 300 мин⁻¹.

Выводы

Таким образом, анализ фрикционного и прецизионного способов наматывания позволил выявить несовершенство принципов раскладки нити и конструкций основных устройств механизмов для ее осуществления. Однако данный вывод позволил предположить, что объединение преимуществ обоих способов формирования паковок может привести к устранению их основных недостатков и совершенствованию технологии перематывания в целом. Работа ряда ученых в этом направлении привела в конце прошлого века к созданию мотальных механизмов для реализации новых принципов высокоскоростного формирования паковок.

Список использованной литературы

1. Малышев А.П. Основы теории наматывания нити / А.П. Малышев // Научно-исследовательские труды МТИ. – М.: МТИ. – 1944. – С. 34–36.
2. Чемисов Н.И. Кинематика мотальных механизмов / Н.И. Чемисов // В сб.: Научно-исследовательские труды МТИ, М.: 1937. – Т. 5. – С. 290–352.
3. Гордеев В.А. Пути улучшения строения крестовой намотки пряжи / В.А. Гордеев // Текстильная промышленность. – 1953. – № 10. – С. 18–22
4. Ефремов Е.Д. Основы теории наматывания нити на паковку. Монография / Ефремов Е.Д., Ефремов Б.Д. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 144 с.
5. Рязанова Е.Ю. Совершенствование технологии раскладки нити для формирования паковок: дис. ... канд. техн. наук. 05.19.03 / Рязанова Елена Юрьевна – Херсон, 2001. – 146 с.
6. Малофеев Р.М. К вопросу определения предельной скорости перемотки пряжи / Р.М. Малофеев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1972. – № 6. – С. 93–96.
7. Панин И.Н. О повышении качества намотки бобин / И.Н. Панин, В.П. Зайцев, Д.И. Назаров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. – № 5 (251). – С. 38–41.
8. Гордеев В.А. Пути улучшения строения крестовой намотки пряжи / В.А. Гордеев // Текстильная промышленность. – 1953. – № 10. – С. 11–18.
9. Кленов В.Б. О влиянии угла раскладки нити на параметры бобин крестовой намотки / В.Б. Кленов, А.И. Штеклер // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1974. – № 1. – С. 134–138.
10. Карезо В.Д. Распределение плотности в цилиндрической бобине крестовой намотки / В.Д. Карезо // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970. – № 3. – С. 76–81.
11. Прошков А.Ф. Исследование и проектирование рассеивающего устройства дифференциального типа / А.Ф. Прошков, И.И. Сорокина // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000. – № 3 (255). – С. 90–93.
12. Зубков М.П. Разработка методов и средств формирования мотальных паковок, повышающих эффективность процесса ткачества: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.03 / Зубков Михаил Петрович – Херсон, 1993. – 158 с.
13. Загора О.В. Совершенствование технологии формирования паковок крестовой намотки: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.03 / Загора Оксана Васильевна – Киев, 2005. – 145 с.
14. Прошков А.Ф. Проектирование прецизионного наматывающего устройства / А.Ф. Прошков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002. – № 4-5 (268). – С. 128–131.