

*На правах рукописи*

**Мартынчик Ксения Игоревна**



**РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО  
ПРИЕМНО-НАМОТОЧНОГО МЕХАНИЗМА МАШИН ДЛЯ  
ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ  
С ПОДВЕСОМ ПАРАЛЛЕЛОГРАММНОГО ТИПА**

Специальность 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы  
(текстильная и легкая промышленность)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна».

Научный руководитель: **Мазин Лазарь Саулович**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна», профессор кафедры машиноведения

Официальные оппоненты: **Палочкин Сергей Владимирович**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана», профессор кафедры основы конструирования машин

**Волков Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный технологический университет», профессор кафедры технологии машиностроения

Ведущая организация: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого»

Защита состоится 15 декабря 2015 года в 11<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.236.06 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18, ауд. № 241.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна», [www.sutd.ru](http://www.sutd.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» октября 2015 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Полякова Екатерина Владимировна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В текстильной промышленности при получении пряжи, а, следовательно, тканей и трикотажа, все большее распространение получают смеси натуральных и искусственных, чаще всего химических нитей. Доля последних может достигать 100%. Исходя из этого, повышение качества химических нитей, разработка современных механизмов и машин для производства и переработки химических нитей, уменьшение отходов, связанных с плохой сматываемостью намотанных на паковки нитей, при их переработке является актуальной задачей. Одним из наиболее важных и нагруженных узлов машин для производства и переработки химических нитей является приемно-намоточный механизм (ПНМ). Поэтому разработка новых конструкций ПНМ, увеличение линейной скорости принимаемой на паковку нити, увеличение массы нарабатываемой паковки, обеспечение непрерывности процесса намотки нити без ухудшения качества паковок является важной и актуальной задачей.

**Цель и задачи работы.** Целью диссертационной работы является разработка новых высокоскоростных патентно-чистых ПНМ, которые позволят повысить производительность машин для производства и переработки химических волокон и нитей, улучшить качество наматываемых паковок, сделать процесс наматывания непрерывным; разработка методического, математического, алгоритмического и программного обеспечения для решения задач их динамического анализа и синтеза. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследований:

- провести обзор существующих ПНМ машин для производства и переработки химических волокон и нитей; проанализировать их достоинства и недостатки, существующие методы их динамического анализа и синтеза;
- разработать конструктивные схемы новых патентно-чистых ПНМ, разработать инженерную методику выбора их основных конструктивных параметров и технологических характеристик;
- разработать математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для решения задач динамического анализа и синтеза разработанных новых ПНМ, позволяющих существенно ускорить процесс их проектирования;
- решить задачи динамического анализа и синтеза.

**Методы исследований.** При выполнении диссертационной работы использовались методы математического анализа, теории колебаний, нелинейной механики, математического моделирования, оптимизации с широким использованием возможностей ЭВМ.

**Научная новизна.** Новизна работы определяется тем, что:

- 1) разработан метод синтеза ПНМ, который позволяет получить практически горизонтальное движение фрикционного цилиндра вместе с нитераскладчиком на подвесе относительно паковки в процессе наматывания при

соблюдении заданного из технологических соображений усилия прижима паковки к фрикционному цилиндру;

2) разработан метод оптимизационного синтеза узла прижима паковки к фрикционному цилиндру;

3) разработаны динамические и математические модели нового ПНМ, учитывающие податливость опор бобинодержателя, неударживающий характер связи паковки с фрикционным цилиндром, упруго-диссипативные характеристики поверхности паковки, податливость опор бобинодержателя;

4) разработан метод и методика динамического анализа и синтеза ПНМ, включающая как аналитическое исследование методами припасовывания и гармонической линеаризации, так и математическое моделирование.

**Практическая значимость результатов работы.** Выполненные в диссертации исследования доведены до практической реализации в виде патента РФ (№2496928) и решения о выдаче патента на изобретение от 4.06.2015 (по заявке №2014143369 от 27.10.2014) на новые ПНМ, алгоритмов, пакетов прикладных программ и инженерных рекомендаций, предназначенных для решения задач динамического анализа и синтеза механизма. Новый ПНМ позволяет повысить массу паковки и линейную скорость наматываемой на паковку нити, сделать процесс наматывания нити непрерывным. Разработанное алгоритмическое и программное обеспечение значительно сократит срок разработки новых и модернизации существующих машин и агрегатов для производства и переработки химических нитей с применением новых ПНМ. Материалы диссертации, разработанное алгоритмическое и программное обеспечение используются в учебном процессе Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна на кафедре машиноведения в курсах лекций: "Машины химических волокон", "Динамика узлов и механизмов машин", "Нелинейные задачи динамики машин", на практических и лабораторных занятиях, в курсовом и дипломном проектировании студентов направления 15.03.02 – "Технологические машины и оборудование" (бакалавр) и 15.04.02 – "Технологические машины и оборудование" (магистр).

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы были доложены на XXIII международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов (МИКМУС – 2011) (Москва, 2011 г.); Всероссийской научной конференции молодых учёных «Инновации молодёжной науки» СПГУТД (Санкт-Петербург, 2012 г.); международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (ПРОГРЕСС-2013), Текстильный институт ИВГПУ (Иваново, 2013 г.).

**Публикации.** Основное содержание диссертационной работы опубликовано в научных работах, в том числе 3 статьи в изданиях, входящих в «Перечень ...» ВАК РФ, 1 патент РФ, 1 положительное решение на изобретение, 3 тезисов докладов.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников (53 наименования). Общий объем работы составляет 137 страниц машинописного текста, включая 62 рисунка, 6 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** дается обоснование актуальности темы работы, сформулированы цели и задачи исследований, определены научная новизна и практическая значимость результатов работы.

**В первой главе** выполнен обзор существующих конструкций ПНМ и обзор литературных источников, касающихся проблем исследования колебаний роторных узлов и ПНМ. Колебаниям роторных узлов посвящены работы В. А. Грובה, Ф. М. Диментберга, А. С. Кельзона, И. Я. Кушуля, Э. Л. Позняка, А. Тондла и др. Среди исследований применительно к производству и переработке химических волокон следует отметить работы Я. И. Коритыцкого, М. Ф. Зейтмана, М. Я. Кушуля, Е. З. Регельмана, Л. С. Мазина, В. К. Полякова, их учеников и последователей. В заключение главы сформулированы основные задачи исследований, которые необходимо выполнить в работе.

**Вторая глава** посвящена разработке новых ПНМ, конструктивная схема которых приведена на рисунках 1, а (патент РФ №2496928) и 1, б (приоритетная справка №2014143369 от 27.10.2014).

ПНМ, приведенный на рисунке 1, а представляет собой параллелограмм  $OABO_1$ , на нижнем звене которого расположены нитераскладчик 1 и фрикционный цилиндр 2 с их электроприводами ("подвес"). Наматываемая паковка  $O_4$  и пустой патрон  $O_5$ , установленные в бобинодержателях ("паковка") крепятся на револьверной головке 3. Боковые звенья "подвеса" перемещаются в окрестностях своего вертикального положения. Прижим фрикционного цилиндра к паковке обеспечивается, например, двумя уравновешивающими грузами, установленными на звеньях  $OA$  и  $O_1B$  "подвеса". При полностью намотанной паковке в пневмоцилиндр 4 подается воздух и "подвес" отводится от паковки. Револьверная головка поворачивается на  $180^\circ$ ; в зоне намотки оказывается пустой патрон. Воздух из пневмоцилиндра 4 стравливается в атмосферу и под действием собственного веса и веса уравновешивающих грузов "подвес" движется к пустому патрону. Чтобы избежать их соударения, звено  $O_1B$  "подвеса" при подходе фрикционного цилиндра к патрону упирается в амортизатор 5, который и обеспечивает плавный подход фрикционного цилиндра к пустому патрону с достаточно малой скоростью.

Следует особо отметить, что в процессе смены полностью намотанной паковки пустым патроном процесс наматывания нити не прерывается. ПНМ, приведенный на рисунке 1, б является частным случаем четырехзвенного подвеса и предназначен для наматывания более легких паковок. Принцип его

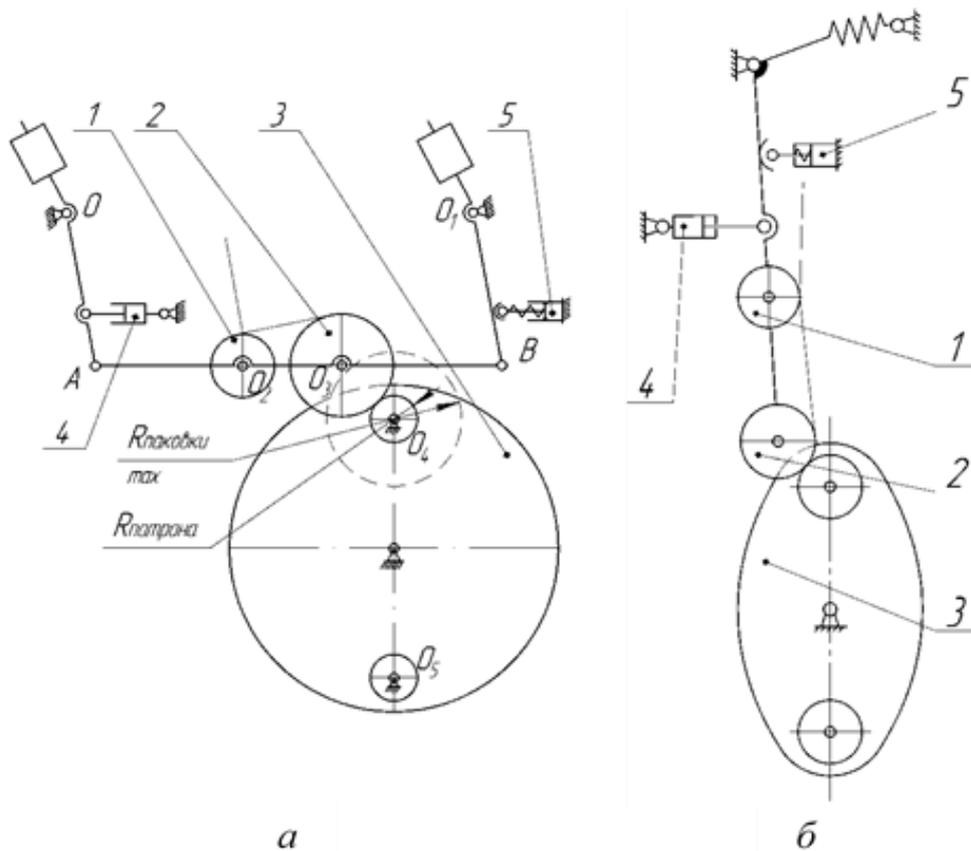


Рисунок 1 – Механизмы намотки нити

работы аналогичен изложенному выше. У рассмотренных выше ПНМ расстояние от глазка нитеводителя до точки входа нити на паковку в процессе наматывания остается постоянным, что обеспечивает при крестовой мотке торцы практически перпендикулярными к оси паковки, что препятствует возникновению хорд в процессе наматывания на паковку нити.

В работе предлагаются возможные конструктивные схемы бобинодержателей для крепления в револьверной головке 1 тяжелых (рисунок 2, а) и относительно легких (рисунок 2, б) паковок. В обоих бобинодержателях "паковка" крепится в двух пробках 2, 3. Зажим патрона осуществляется пружи-

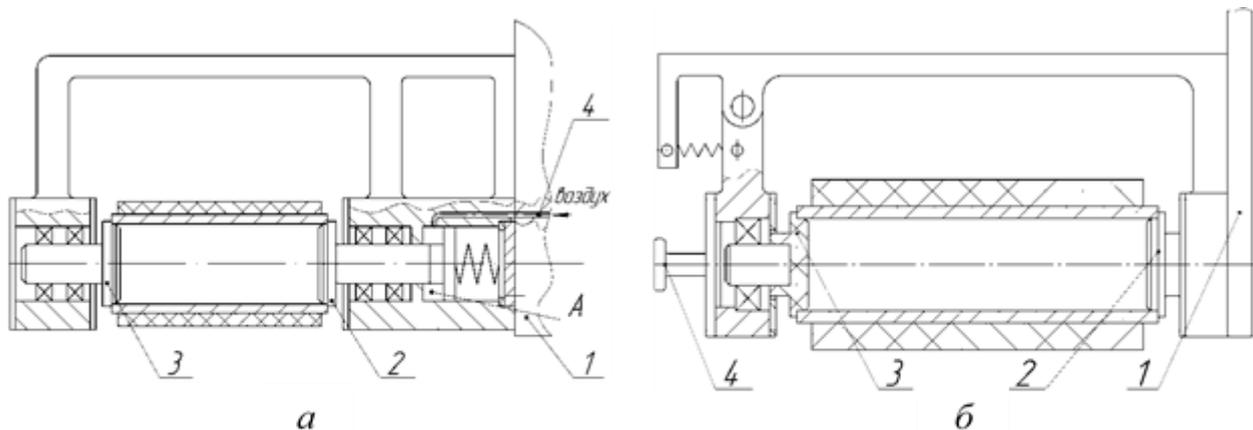


Рисунок 2 – Конструкции бобинодержателя

нами. В бобинодержателе для тяжелых "паковок" пробки разжимаются подачей воздуха 4 в полость А, а в бобинодержателе для относительно легких "паковок" вручную 4.

В конце главы осуществлен выбор геометрических характеристик "подвеса" и конструктивной схемы системы прижима фрикционного цилиндра к паковке. Показано, что существенное изменение массы паковки может привести лишь к изменению длины боковых звеньев "подвеса".

С целью повышения качества наматываемых "паковок", снижения обрывности нитей в процессе намотки необходимо минимизировать виброактивность ПНМ в процессе его работы. Для этого необходимо решить задачи динамического анализа и синтеза ПНМ. Целесообразно провести исследование динамики рассматриваемого (рисунок 1, а) ПНМ для двух возможных конструктивных схем механизма: все элементы конструкции являются абсолютно твердыми телами, зазоры во вращательных парах отсутствуют, поверхность паковки упруго-диссипативное тело (схема 1); все элементы конструкции являются абсолютно твердыми телами, зазоры во вращательных парах отсутствуют, тело поверхности паковки упруго-диссипативное; опоры бобинодержателя податливы (схема 2). Для того, чтобы расчеты были приближены к реальным машинам, исходные данные взяты из технических требований к разработке ПНМ для полиамидной нити (агрегат АФС-1000-КЖ9).

В **третьей главе** приведены исследования динамики ПНМ, соответствующего схеме 1. В начале выполнено исследование движения "подвеса" к пустому патрону после поворота револьверной головки (см. рисунок 1). Движение "подвеса" при этом состоит из двух этапов: свободное движение "подвеса" под действием сил тяжести; движение "подвеса" под действием сил тяжести и амортизатора 5. Задача решена методом припасовывания решений аналитически. Характерный вид графиков изменения угла  $\varphi$  и угловой скорости  $\dot{\varphi}$  бокового звена подвеса  $O_1B$  приведен на рисунке 3. Угол  $\varphi(0) = (-\mu - \delta)$  характеризует исходное положение центра тяжести "подвеса", все элементы которого приведены к звену  $O_1B$ ,  $\gamma$  – угловая скорость "подвеса", допустимая при контакте фрикционного цилиндра с патроном.

Далее выполнено динамическое исследование ПНМ. Динамическая модель приведена на рисунке 4;  $\bar{Q}$  – сила контактного взаимодействия между "паковкой" и фрикционным цилиндром;  $\beta$  – угол между линией действия силы  $\bar{Q}$  и осью  $OX$ ;  $\bar{P}_п$  – сила тяжести "подвеса";  $\bar{P}_{ур}$  – сила тяжести уравнивающего груза;  $\bar{F}$  – сила, действующая на подвес со стороны амортизатора. Эта сила действует на "подвес" лишь короткий промежуток времени.

Приближенно ниже будем считать  $\bar{F} \approx 0$ ;  $l_{ур}$  – длина рычага уравнивающего груза,  $L$  – длина бокового звена подвеса;  $\varepsilon$  – угол отклонения рычага уравнивающего груза от бокового звена подвеса.  $OXY$  – неподвижная система координат.

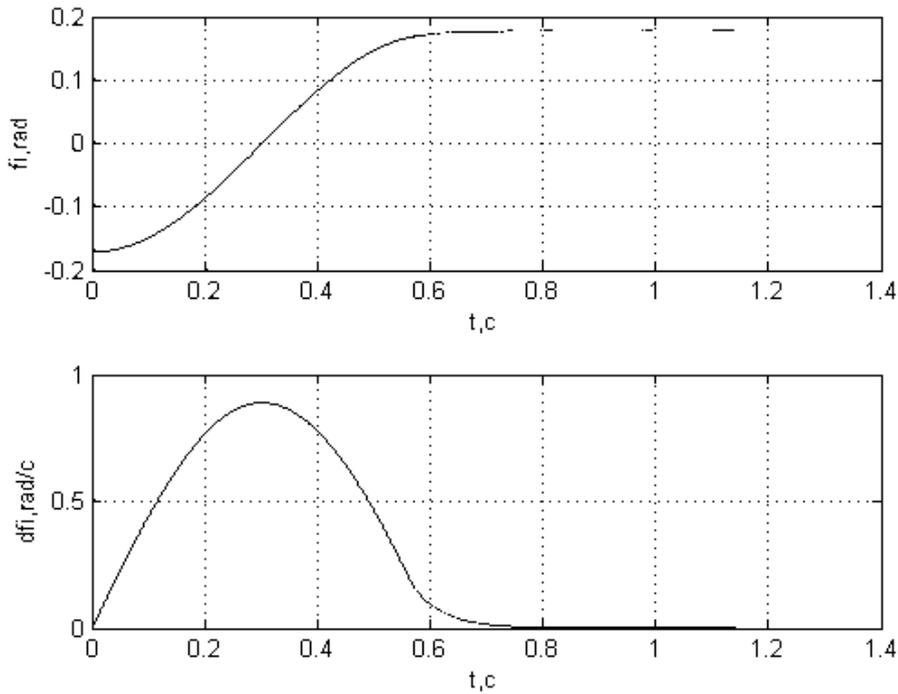


Рисунок 3 – Зависимости  $\varphi = \varphi(t)$  и  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}(t)$

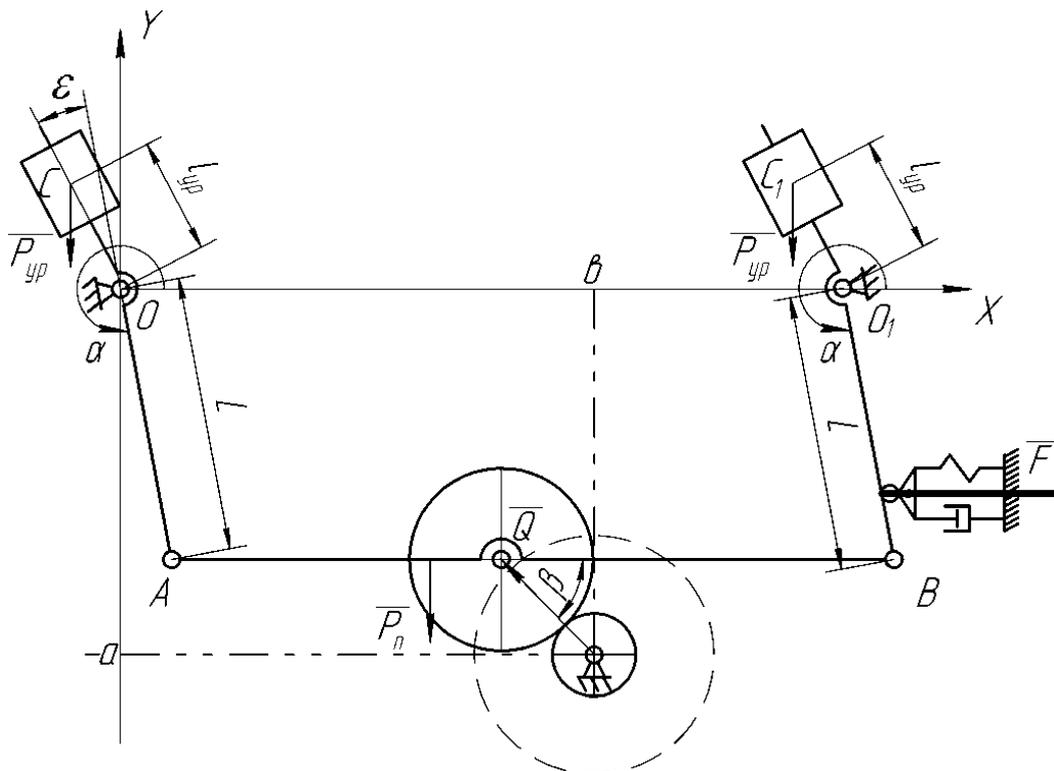


Рисунок 4 – Динамическая модель приемно-намоточного механизма (схема 1)

Динамическая модель имеет одну степень свободы, угол  $\alpha$  принят за обобщенную координату, причем  $\alpha = \alpha_0 + \varphi$ , где  $\alpha_0$  – значение угла  $\alpha$  в установившемся положении (паковка касается фрикционного цилиндра; силы  $\bar{P}_n$  и  $\bar{P}_{yp}$ ,  $\bar{Q}$ , вращение фрикционного цилиндра и паковки отсутствуют),  $\varphi$  – от-

клонение угла  $\alpha$  от установочного положения  $\alpha_0$  в динамике. Математическая модель рассматриваемой системы имеет вид:

$$I_0 \ddot{\varphi} = Q h_Q - P_{\Pi} h_{\Pi} - P_{\text{ур}} h_{\text{ур}}, \quad (1)$$

$I_0$  – приведенный момент инерции "подвеса";  $h_Q, h_{\Pi}, h_{\text{ур}}$  – соответственно плечи сил  $\bar{Q}, \bar{P}_{\Pi}$  и  $\bar{P}_{\text{ур}}$  относительно точки  $O$ .

$$Q \approx \begin{cases} Q_0 & \text{при } \Delta > 0, \\ 0 & \text{при } \Delta \leq 0, \text{ или } Q_0 \leq 0, \end{cases} \quad Q_0 = c\Delta + b\dot{\Delta} + b \frac{V_{\text{л}} \sqrt{\Delta}}{\sqrt{2R_{\text{пр}}}}, \quad (2)$$

$$b = \frac{c\psi}{2\pi\omega}, \quad \psi \approx (0,35 \div 0,5), \quad V_{\text{л}} \approx \omega R_{\Pi 0},$$

$c, b, \Delta$  – жесткость, коэффициент демпфирования и деформация паковки соответственно;  $V_{\text{л}}$  – линейная скорость наматываемой на паковку нити;  $R_{\text{пр}} = (R_{\Pi 0} + R_{\Phi 0})^{-1} R_{\Pi 0} R_{\Phi 0}$ ,  $R_{\Pi} \approx R_{\Pi 0} + \lambda_{\Pi} \sin(\omega t + \varepsilon_{1\Pi}) + \delta_{\Pi} \sin(2\omega t + \varepsilon_{2\Pi})$ ,  $R_{\Phi} \approx R_{\Phi 0} + \lambda_{\Phi} \sin(\omega_{\Phi} t + \varepsilon_{\Phi})$ ,  $R_{\Pi 0} R_{\Phi 0}$ ,  $R_{\Pi 0}$ ,  $\lambda_{\Pi}$ ,  $\delta_{\Pi}$ ,  $R_{\Phi 0}$ ,  $\lambda_{\Phi}$  – коэффициенты разложения  $R_{\Pi}$  и  $R_{\Phi}$  в ряды Фурье,  $\omega$  и  $\omega_{\Phi}$  – угловые скорости вращения паковки и фрикционного цилиндра соответственно.

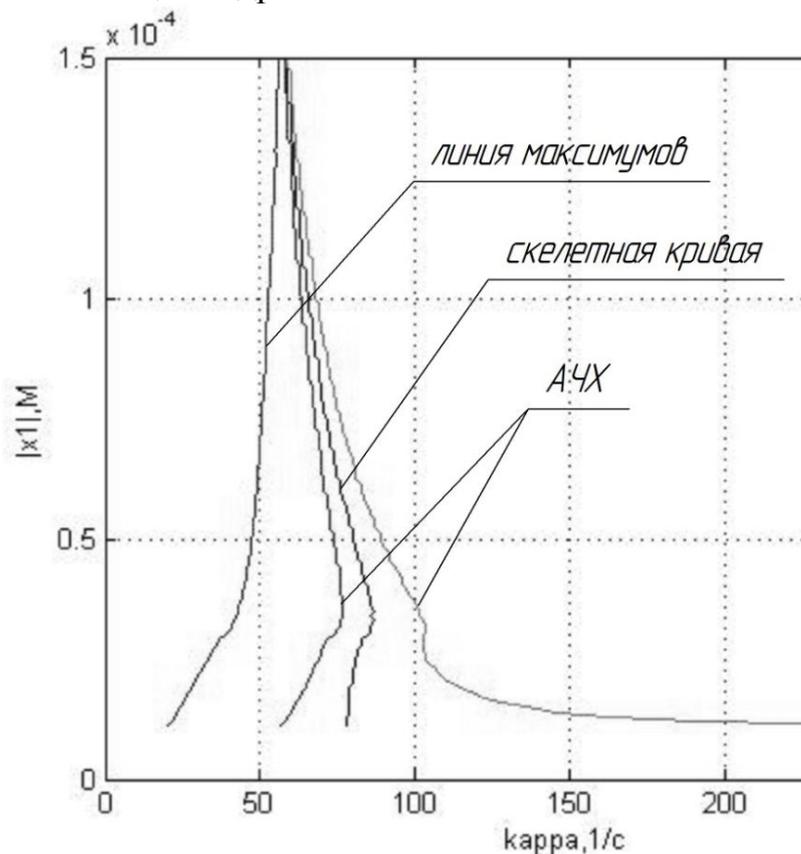


Рисунок 5 – Результат счета

Далее выполнено аналитическое решение математической модели методом гармонической линеаризации. Построение скелетной кривой, линии

максимумов и АЧХ (рисунок 5) по полученным аналитическим зависимостям произведено с помощью разработанного алгоритмического и программного обеспечения;  $|x_1|$  – амплитуда деформации паковки,  $\omega$  – частота вращения.

Выполнено также численное моделирование математической модели (1), с помощью разработанного алгоритмического и программного обеспечения. Результаты счета приведены на рисунке 6. Низкочастотный "подвес" является фильтром высоких частот. Показано, что в разработанном ПНМ, при определенных условиях можно увеличить максимальную массу паковки и  $V_{л} = \omega R_{п0}$ . При этом радиус патрона  $r$  лучше всего выбрать из соотношения  $V_{л}/r = \omega \approx (8000 \div 9000)$  об/мин. Кроме того, необходимо  $\lambda_{\phi} \rightarrow 0$ .

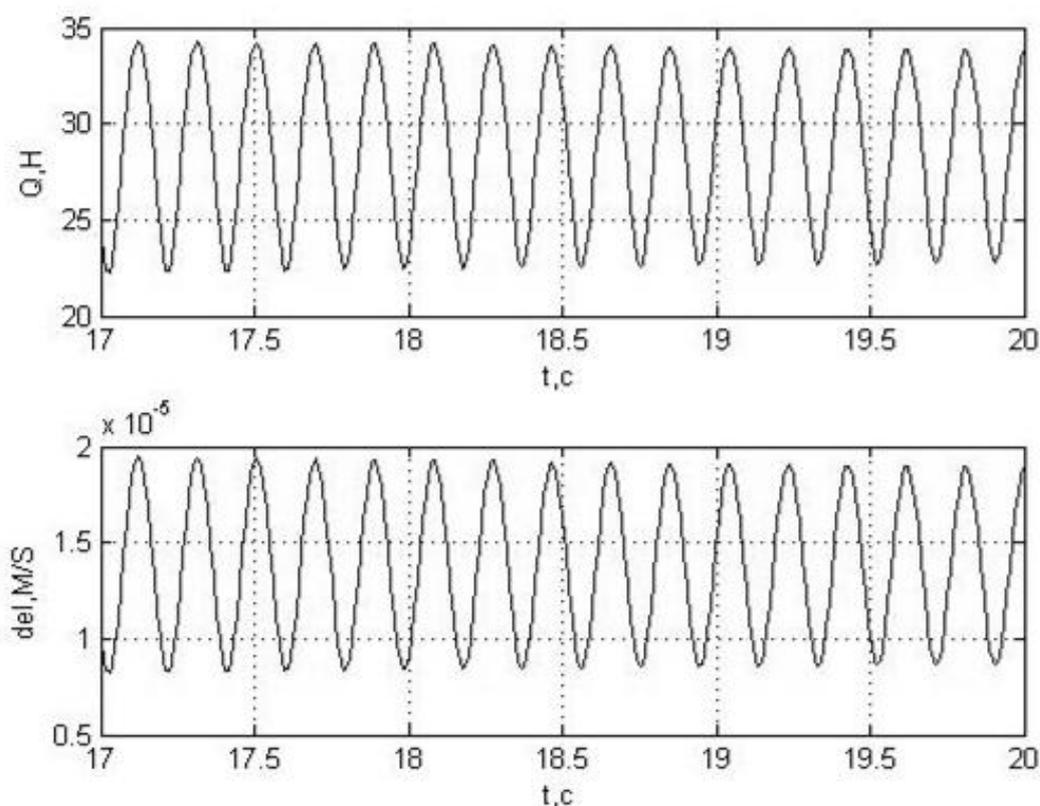


Рисунок 6 – Зависимости  $Q = Q(t)$  и  $\Delta = \Delta(t)$

**Четвертая глава** посвящена исследованию динамики ПНМ, выполненного по схеме 2. Были получены динамические и математические модели "подвеса" (рисунок 7, а) и "паковки" (рисунок 7, б), которые совместно представляют математическую модель механизма в целом;  $\bar{P}_i, i=1,2$  ( $P_1 = P_2$ ) и  $\bar{P}_3$  – соответственно силы тяжести боковых звеньев "подвеса", и нижнего звена "подвеса";  $\bar{Q}_i, i=1,2$  – силы контактного взаимодействия фрикционного цилиндра с паковкой, расположенные в области торцов паковки,  $\bar{Q}_{iy}, \bar{Q}_{iz}$  – проекции этих сил на оси  $OY$  и  $OZ$  соответственно;  $\bar{P}_{ypi}$  ( $i=1,2$ ) – силы тяжести

уравновешивающих грузов;  $OA=L$ ;  $P_{yp} = P_{yp1} + P_{yp2}$ ;  $OC = l_{yp} = const$ ;  $\varepsilon$  – угол между звеном  $OA$  и рычагом уравновешивающего груза.

"Подвес" имеет одну степень свободы, угол  $\alpha$  (аналогично главе 3) – обобщенная координата. На рисунке 7, б  $\bar{P}_p$  – сила тяжести "паковки";  $\bar{Q}_1^*$ ,  $\bar{Q}_2^*$  – силы контактного взаимодействия паковки с фрикционным цилиндром, приведенные к торцам паковки  $|\bar{Q}_i^*| = |\bar{Q}_i|$ ,  $\bar{Q}_{iy}^*$ ,  $\bar{Q}_{iz}^*$ ,  $\bar{R}_{iy}$ ,  $\bar{R}_{iz}$  – проекции сил  $\bar{Q}_i^*$  и реакций со стороны опор бобинодержателя на оси  $O_1Y_1$  и  $O_1Z_1$  соответственно;  $l_i$  – расстояния от центра тяжести до торцов паковки ( $i=1,2$ ).

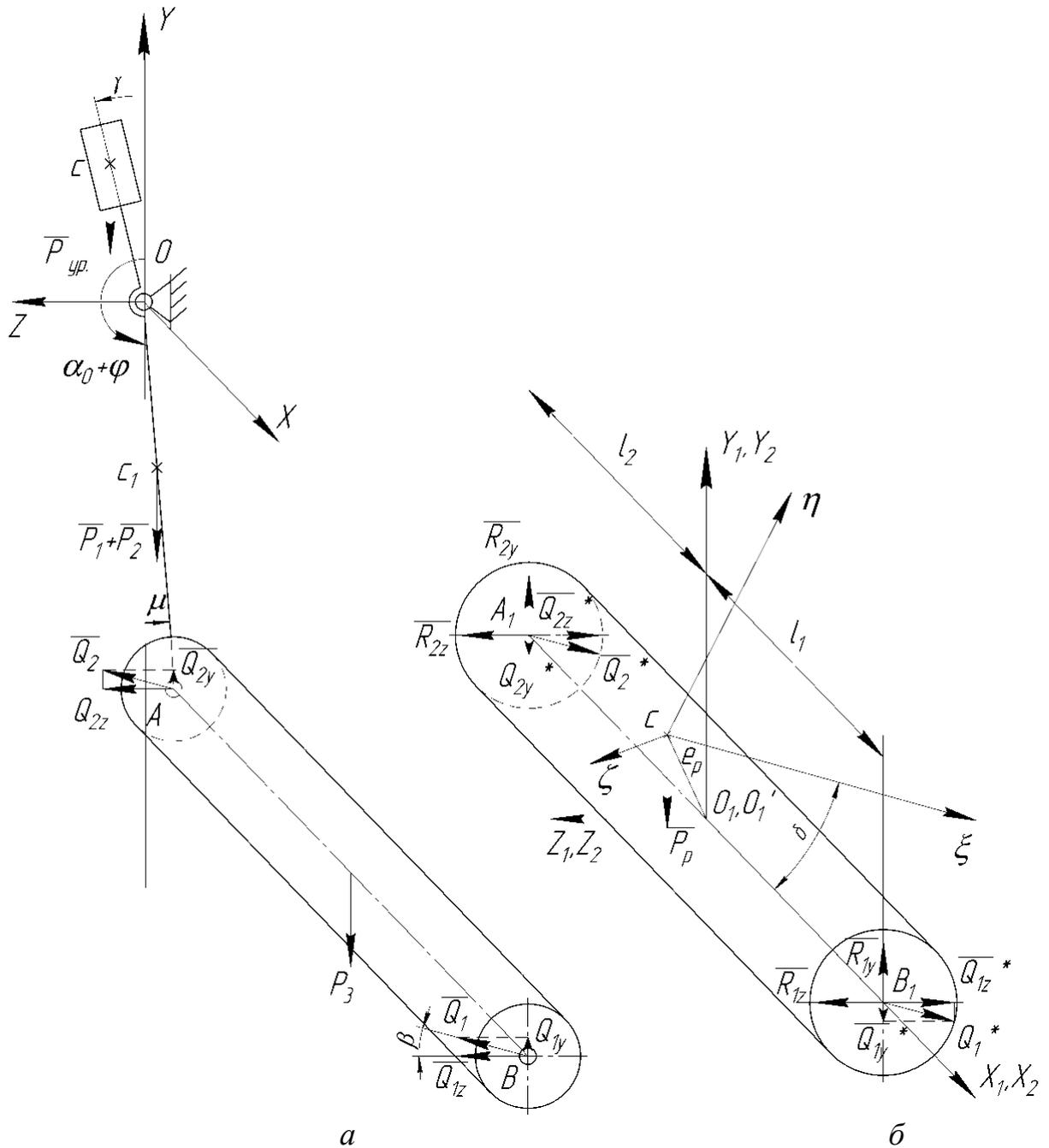


Рисунок 7 – Динамическая модель

Математическая модель приемно-намоточного механизма имеет вид:

$$\begin{aligned}
I_1 \ddot{\varphi} + \sum_{i=1}^2 Q_i H_1 &= A, \\
m(\ddot{v}_1 - e_p \omega^2 \cos(\omega t - \varepsilon_1)) &= \sum_{i=1}^2 (R_{iy} - Q_i \sin \beta) - P_p, \\
m(\ddot{v}_2 - e_p \omega^2 \sin(\omega t - \varepsilon_1)) &= \sum_{i=1}^2 (R_{iz} - Q_i \cos \beta), \\
I_3(\ddot{v}_3 + \delta \omega^2 \sin(\omega t - \varepsilon_2)) + I_o \omega(\dot{v}_4 - \delta \omega \sin(\omega t - \varepsilon_2)) &= \\
= - \sum_{i=1}^2 (R_{iz} - Q_i \cos \beta) l_i, \\
I_3(\ddot{v}_4 - \delta \omega^2 \cos(\omega t - \varepsilon_2)) - I_o \omega(\dot{v}_3 - \delta \omega \cos(\omega t - \varepsilon_2)) &= \\
= \sum_{i=1}^2 (R_{iy} - Q_i \sin \beta) l_i,
\end{aligned} \tag{3}$$

$v_i, i = \overline{1,2}$  – соответственно перемещения и  $v_i, i = \overline{3,4}$  – самолетные Эйлера-вы углы поворота "паковки" в ее относительном движении;  $I_1$  – момент инерции всех элементов "подвеса", приведенный к точке  $O$ ,  $A = 2P_1 h_{p1} + P_3 h_{p3} + P_{yp} h_{pyp}$ ,  $H_1 = L \sin(\alpha_0 - \beta)$ ,  $h_{p1}, h_{p3}, h_{pyp}$  – плечи соответственно сил  $\overline{P}_1, \overline{P}_3, \overline{P}_{yp}$ , ( $i = \overline{1,2}$ ) относительно точки  $O$ ;  $m, I_o$  и  $I_3$  – масса, полярный и экваториальный моменты инерции "паковки" соответственно;  $R_{iy} \approx -[c_{iy}(v_1 + l_i v_4) + b_{iy}(\dot{v}_1 + l_i \dot{v}_4)]$ ,  $R_{iz} \approx -[c_{iz}(v_2 - l_i v_3) + b_{iz}(\dot{v}_2 - l_i \dot{v}_3)]$ ,  $c_{iy}, c_{iz}, b_{iy}, b_{iz}, i = \overline{1,2}$  – соответственно жесткости и коэффициенты демпфирования (определяются исходя из коэффициента рассеивания  $\psi$ ) подшипниковых опор в направлении осей  $O_1 Y_1$  и  $O_1 Z_1$ ; так как подшипниковые опоры "паковки" изотропны и система является симметричной, примем:  $c_{iy} = c_{iz} = c_i, b_{iy} = b_{iz} = b_i, l_1 = l, l_2 = -l$ . Силы

$$Q_i \approx \begin{cases} Q_{0i} & \text{при } \Delta_i > 0, \\ 0 & \text{при } \Delta_i \leq 0, \text{ или } Q_{0i} \leq 0, \end{cases} \quad Q_{0i} = c_{ni} \Delta_i + b_{ni} \dot{\Delta}_i + b_{ni} \frac{V_{л} \sqrt{\Delta_i}}{\sqrt{2R_{np}}}, \tag{4}$$

в (4) обозначения аналогичны (2).

Был выполнен частотный анализ исследуемого ПНМ. Система имеет одну критическую скорость и одну частоту, равную частоте свободных колебаний "подвеса".

Выполнено исследование динамики ПНМ согласно (3). Задача решалась по разработанному в работе алгоритмическому и программному обеспечению. Характерный вид решения для частично намотанной упаковки приведен на рисунке 8.

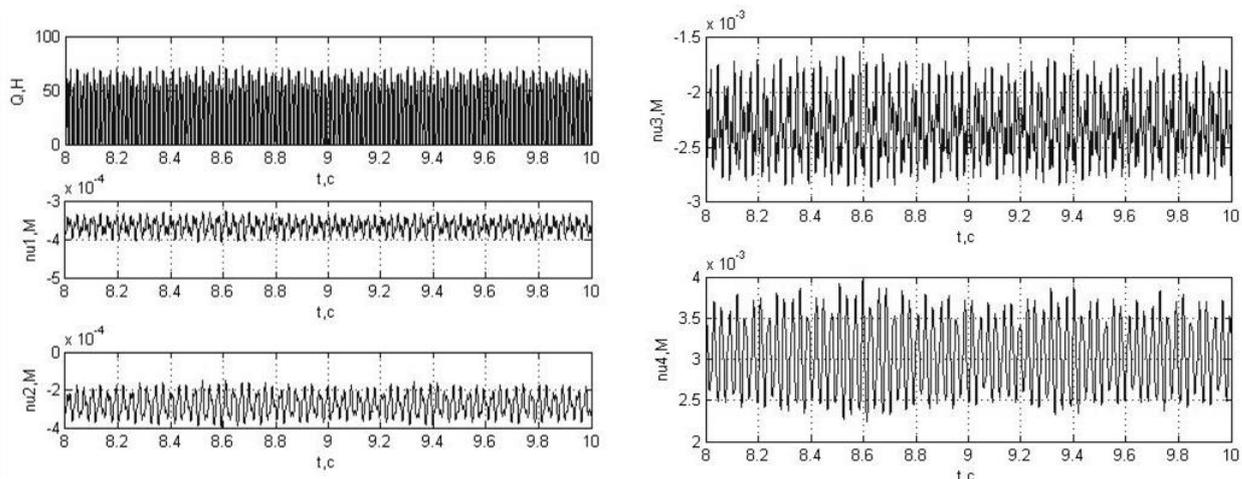


Рисунок 8 – Зависимости  $Q = Q(t)$  и  $v_i = v_i(t), i = \overline{1,4}$

Амплитуды колебаний "подвеса" настолько малы, что ими практически можно пренебречь ("подвес" – фильтр высоких частот). Этот факт имеет весьма важное значение, т. к. при этом, исходя из теории наматывания, резко уменьшается обрывность наматываемых на "паковку" нитей, улучшается внутренняя структура "паковок", а, следовательно, и их качество. Аналогично главе 3 можно повысить  $V_d$ , т.е. производительность ПНМ.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований, направленных на совершенствование ПНМ, можно сделать следующие выводы.

1. Разработаны два новых ПНМ (патент РФ №2496928, и решение о выдаче патента на изобретение от 4.06.2015 по заявке №2014143369 от 27.10.2014), обеспечивающих непрерывный процесс наматывания, вертикальные торцы при намотке паковок крестовой моткой.

2. Выполнен конструктивный анализ и синтез нового ПНМ с использованием процедур оптимизации и ЭВМ. Показано, что без изменения компоновочной схемы механизма, а часто и его геометрических размеров, массу паковки можно увеличивать.

3. Разработаны динамические и математические модели ПНМ, представляющего собой параллелограмм, на нижнем звене которого расположены фрикционный цилиндр и нитераскладчик с их электроприводами, а "паковка" крепится в бобинодержателе в револьверной головке, закрепленной в корпусе машины. Динамические и математические модели соответствуют двум конструктивным схемам механизмов: с жестким креплением и с податливым креплением опор разработанного в работе бобинодержателя в револьверной головке. В обеих схемах поверхность паковки упругодиссипативная, связь паковки с фрикционным цилиндром неудерживающая.

4. С использованием метода припасовывания выполнен анализ движения "подвеса" к пустому патрону, введенному в зону намотки путем поворота револьверной головки. Даны инженерные рекомендации по выбору упругих и диссипативных характеристик демпфера, препятствующего удару фрикционного цилиндра о пустой патрон в начале намотки.

5. С использованием компьютерной системы MATLAB разработано алгоритмическое и программное обеспечение для решения задач динамического анализа и синтеза новых ПНМ с жестким и податливым креплением опор разработанного в работе бобинодержателя.

6. С использованием метода гармонической линеаризации аналитически, а затем с помощью разработанного в работе алгоритмического и программного обеспечения построена амплитудно-частотная характеристика рассматриваемого ПНМ при жестком креплении опор бобинодержателя в корпусе револьверной головки. Показано, что "подвес" является фильтром высоких частот, что существенно снижает виброактивность механизма в процессе наматывания нити, дает возможность существенно повысить  $V_d$ , т. е. производительность ПНМ.

7. С использованием системы MATLAB выполнено математическое моделирование ПНМ с жестким креплением опор бобинодержателя. Анализировалось влияние биения, эллиптичности и неуравновешенности паковки, биения фрикционного цилиндра на динамику механизма. Показано, что из-за большой массы "подвеса", неидеальность геометрической формы паковки исчезает; неидеальность геометрической формы фрикционного цилиндра устраняется.

8. Выполнен частотный и динамический анализ ПНМ с податливыми опорами бобинодержателя. Так как в предлагаемой конструктивной схеме бобинодержателя патрон крепится симметрично относительно центра тяжести в двух пробках, опоры которых изотропны, угловые и поступательные колебания "паковки" не зависят друг от друга. Получены критические частоты "паковки" и частота поступательных перемещений паковки и подвеса. Подвес и в этой схеме является фильтром высоких частот, что дает возможность повысить производительность машины.

9. Установлено, что колебания "подвеса" практически не зависят от массы "паковки". Последнюю можно увеличивать (увеличивать  $R_{пmax}$ ). При этом следует путем подбора размера боковых звеньев "подвеса" следить, чтобы их отклонение от вертикального положения не превышало  $\approx 7^\circ$ . Можно увеличивать и  $V_d$ . При этом, как это обычно делается на практике, следует увеличивать радиус пустого патрона  $r$  таким образом, чтобы  $\omega_{пmax} = V_d/r$  лежала бы в пределах  $\approx (8000 \div 9000)$  об/мин.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в изданиях, входящих в "Перечень..." ВАК РФ

1. Мартынчик, К. И. Синтез компоновочной схемы приемно-намоточного механизма / Л. С. Мазин, К. И. Мартынчик // Известия вузов. Технология легкой промышленности.– 2013. – №1. – С. 75-77.
2. Мартынчик, К. И. О новом приемно-намоточном механизме для машин химических волокон / Л. С. Мазин, А. В. Марковец, К. И. Мартынчик // Химические волокна. – 2013. – №5. – С. 62-63.
3. Мартынчик, К. И. Исследование динамики движения фрикционного цилиндра на подвесе к пустому патрону / Л. С. Мазин, К. И. Мартынчик // Известия вузов. Технология легкой промышленности.–2012. – №4. – С. 43-45.

### Материалы конференций и тезисы докладов

4. Белоусова, К. И. Исследование динамики приемно-намоточного механизма / К. И. Белоусова, Л. С. Мазин // ПРОГРЕСС-2013 : сб. материалов международной научно-технической конференции, 27-29 мая 2013 г. / Ивановский гос. политехнич. ун-т. – Иваново, 2012. – С. 165-166.
5. Белоусова, К. И. Динамическая и математическая модели приёмно-намоточного механизма с четырёхзвенным подвесом / К. И. Белоусова, Л. С. Мазин // Инновации молодёжной науки: тез. докл. Всерос. науч. конф. молодых учёных, 23-27 апр. 2012 г. / СПГУТД. – СПб, 2012. – С. 5.
6. Белоусова, К. И. Анализ влияния элементов сухого трения различного конструктивного исполнения на динамику узлов машин / К. И. Белоусова, Л. С. Мазин // XXIII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС – 2011): материалы конференции, 14-17 дек. 2011 г. / Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова. – М, 2011. – С. 74.

### Авторские свидетельства и патенты

7. Устройство для намотки нити: пат. 2496928 Рос. Федерация : МПК D 01 D 7/00. / Белоусова К. И., Мазин Л. С. ; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна. – №201214534/12 ; заявл. 12.04.2012 ; опубл. 27.10.2013, Бюл. №30. – 3. : ил.