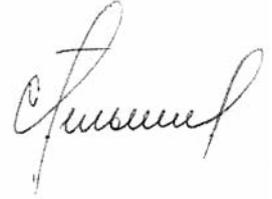


На правах рукописи



**Чельшев Сергей Викторович**

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВЫТЯГИВАНИЯ  
АРМИРОВАННЫХ ШВЕЙНЫХ НИТОК**

Специальность 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы  
(легкая промышленность)

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

Санкт-Петербург  
2011

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

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор Энтин Виталий Яковлевич,

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Полякова Екатерина Владимировна

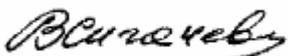
кандидат технических наук,  
Волков Владимир Васильевич

Ведущая организация: ОАО «Советская звезда»,  
г. Санкт-Петербург

Защита состоится 26 декабря 2011 г. в 10.00 на заседании диссертационного совета Д 212.236.02 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 Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18. Автореферат размещен на сайте <http://www.sutd.ru/>

Автореферат разослан 25 ноября 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор  В.В. Сигачева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В настоящее время в швейной промышленности используются в основном нитки, изготавливаемые из химических волокон и нитей. Это обусловлено повышенными требованиями к качеству ниток, применяемых на высокоскоростных швейных машинах, автоматах и поточных линиях. При пошиве силовая нагрузка на нитку в зависимости от структуры и сырьевого состава стачиваемого материала колеблется в пределах 150 – 350 сН, а температура нагрева иглы достигает 400<sup>0</sup>С.

При таких воздействиях на нитку она должна обладать не только прочностью, но и стабильным разрывным удлинением. От величины и постоянства разрывных удлинений зависит качество шва и обрывность ниток при пошиве, производительность швейного оборудования и швейного производства в целом. Снижение разрывного удлинения ниток на 5 – 10 % по данным Центрального научно-исследовательского института швейной промышленности приводит к увеличению длины безобрывного шва в 3 – 5 раз.

Однако фактическое разрывное удлинение швейных ниток оказывается не постоянным, а изменяется от 22 – 23 % в наружных слоях до 13 – 14 % во внутренних.

Зарубежные производители ниток для выравнивания величин разрывных удлинений в технологическом процессе предусматривают использование специальных вытяжных машин. В России не применяются аналогичные машины, поэтому отечественные нитки значительно уступают по качеству зарубежным ниткам. Этим объясняется актуальность темы диссертационной работы, направленной на разработку механизма, обеспечивающего выравнивание разрывного удлинения швейных ниток.

**Цель работы.** Разработка механизма вытягивания армированных полиэфирных швейных ниток для выравнивания их разрывных удлинений.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие основные задачи:

- Выполнить анализ влияния разрывных удлинений швейных ниток на процесс пошива.
- Исследовать процесс вытягивания ниток с целью изучения влияния механических нагрузок на изменение их разрывного удлинения.
- Разработать механизм вытягивания ниток и провести технологические испытания.

**Достоверность полученных результатов** обеспечена большим объемом экспериментальных исследований, результатами аналитического моделирования процесса вытягивания нити, применением современных методов расчета системы регулирования натяжения нити, а также использованием при оценке качества ниток современных измерительных комплексов (Uster Tensorapid-3, KET-80/B, Laserspot LST-11, Statigraf-L, Microcolor 2000, Instron 1122).

### **Научная новизна работы.**

- Выполнено аналитическое моделирование процесса вытягивания швейных ниток. Получена аналитическая модель, позволяющая рассчитать величину силовых воздействий для вытягивания ниток.
- Определен диапазон усилий вытягивания ниток 35ЛЛ, расположенных в различных слоях красильной бобины, для выравнивания их разрывного удлинения.
- Разработано электромеханическое устройство для снижения и выравнивания разрывных удлинений швейных ниток (патент РФ № 2296829).
- Разработана система регулирования натяжения ниток в процессе их перемотки и упругопластической деформации при вытягивании (патент РФ № 104558).

### **Практическая значимость и реализация результатов работы.**

Результаты работы внедрены:

- на ОАО «Советская звезда» при модернизации оборудования для производства утоненных ниток 35 ЛЛ–У, 45ЛЛ–У и 70ЛЛ–У в соответствии с техническими условиями ТУ 8147-031-00319693-2011;
- в учебном процессе на кафедрах СПГУТД «Автоматизация технологических процессов» и «Технология и проектирование текстильных изделий»;
- при выполнении работ по гранту Минобрнауки России рег. № 2.1.2/3270 и № 2.1.2/13091 АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2011 годы)».

**Апробация работы.** Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих международных и всероссийских научно-технических конференциях:

- Международные научно-технические конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (ПРОГРЕСС – 2006, 2007, 2008), ИГТА, Иваново.
- Межвузовские научно-технические конференции аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК – 2009, 2010, 2011), ИГТА, Иваново.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 17 работ, из них 6 в изданиях, рекомендованных «Перечнем ВАК» РФ, получено два патента РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы из 97 наименований. Работа изложена на 120 страницах, содержит 20 таблиц, 37 рисунков и 3 приложения.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, показана научная новизна и

практическая значимость результатов работы.

**В первой главе** рассматривается ассортимент швейных ниток по их назначению и свойствам, дается анализ технологических схем производства швейных ниток в России и за рубежом. Приводятся требования к качеству швейных ниток. На основе анализа работ, посвященных изучению влияния упругопластической деформации на качество ниток, делается вывод о том, что одним из главных факторов, определяющих частоту обрывов и качество швов, является величина разрывного удлинения ниток. Стабильность разрывного удлинения является главным условием высокоскоростного пошива изделий.

**Во второй главе** приводятся результаты исследования физико-механических свойств армированных швейных ниток 35ЛЛ, 45ЛЛ и 70ЛЛ, находящихся на красильной бобине. Получены количественные оценки влияния механических нагрузок на разрывное удлинение. Установлено, что в результате вытягивания ниток с усилием  $T = 200$  сН, величина разрывного удлинения для ниток 35ЛЛ снижается на 35 – 40 %, а относительная разрывная нагрузка увеличивается на 7 – 13%.

На основе данных экспериментальных исследований выполнены полиномиальные аппроксимации для получения аналитических зависимостей разрывного удлинения от усилия вытягивания для швейных ниток 35ЛЛ. Аналитические зависимости позволяют сделать прогноз величин вытягивающих усилий для задаваемых разрывных удлинений (рис. 1).

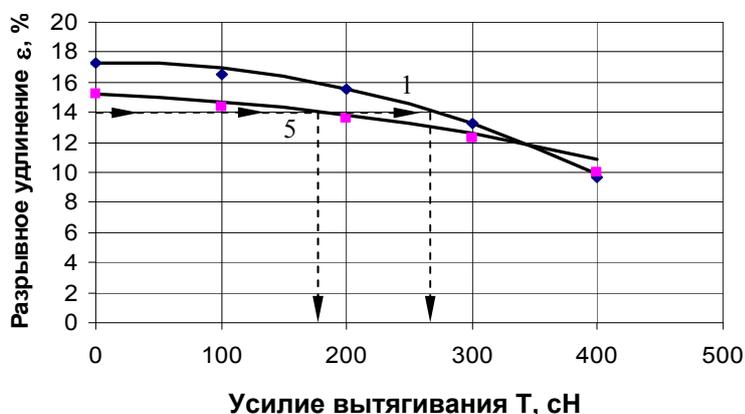


Рисунок 1 – Графики изменения разрывного удлинения ниток 35 ЛЛ под действием усилия вытягивания

На рисунке верхняя кривая соответствует ниткам, расположенным на поверхности бобины (катушка №1), а нижняя – ниткам, расположенным у перфорированного патрона (катушка № 5).

Полученные аналитические зависимости имеют вид:

$$\varepsilon_1 = -5 \cdot 10^{-5} T^2 + 0,0014T + 17,141, \quad (1)$$

$$\varepsilon_5 = -2 \cdot 10^{-5} T^2 - 0,0028T + 15,104. \quad (2)$$

В главе также приводятся результаты сравнительных экспериментальных исследований швейных армированных ниток 35ЛЛ, 45ЛЛ, 70ЛЛ (рис. 2).

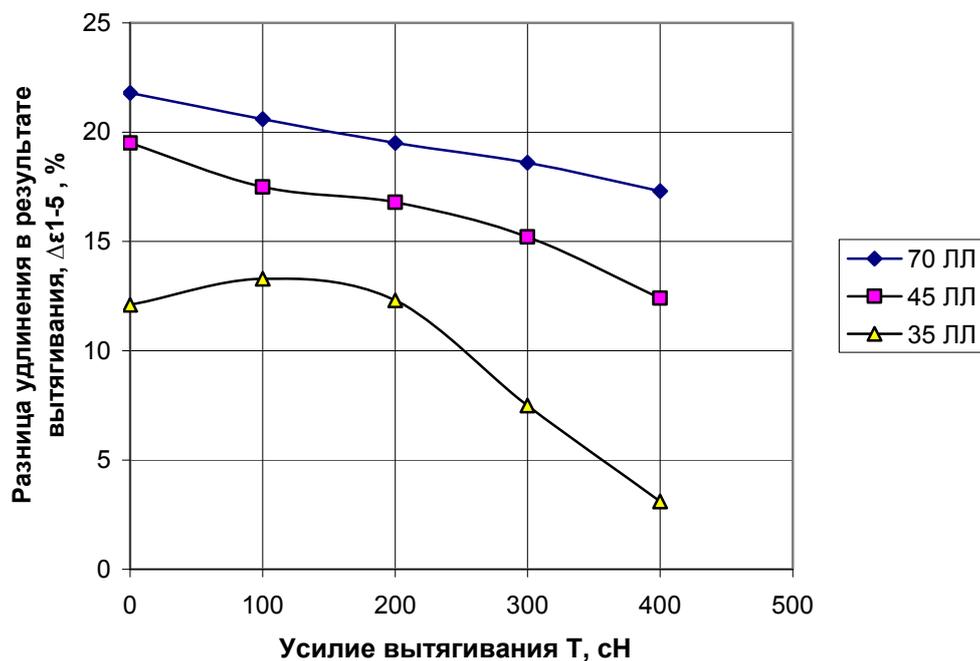


Рисунок 2 – Снижение относительной разницы  $\Delta \epsilon_{1-5}$  разрывных удлинений ниток 35ЛЛ, 45ЛЛ, 70ЛЛ с катушек № 1 и № 5 после вытягивания

Из графика следует, что в результате вытягивания ниток 35ЛЛ с усилием 400 сН, разница разрывных удлинений ниток с катушек № 1 и № 5 снижается с 12 % до 3 %. Для выравнивания разрывных удлинений ниток 45ЛЛ и 70ЛЛ потребуются более высокие усилия вытягивания, так как их линейная плотность выше соответственно в 1,3 и 2 раза.

**В третьей главе** рассмотрены известные способы и устройства, применяемые для стабилизации разрывных удлинений химических нитей, пряжи и швейных ниток.

Наиболее совершенным устройством, обеспечивающим вытягивание швейных ниток является намоточно-вытяжная машина фирмы Mettler. Недостатком машины является отсутствие в ней устройства, обеспечивающего регулирование натяжения, которое может изменяться из-за неоднородности вытягиваемой нити. В предлагаемом нами электромеханическом устройстве предусмотрена система регулирования удлинения швейных ниток. Схема устройства показана на рис. 3.

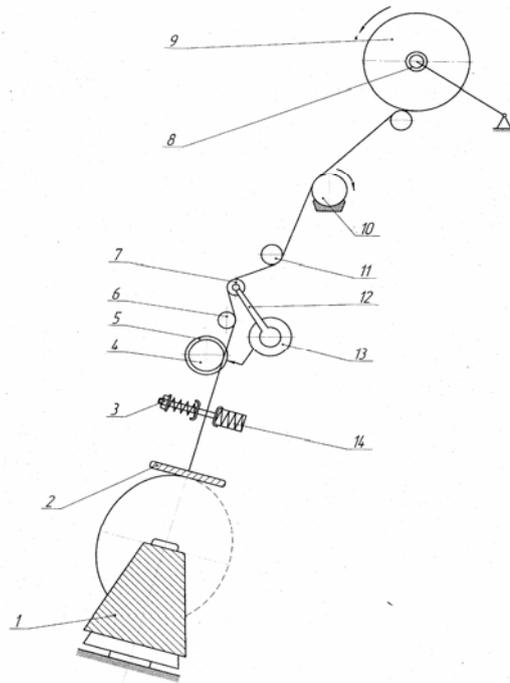


Рисунок 3 – Схема электромеханического устройства обработки ниток

На рисунке изображены: 1 – красильная бобина, 2 – баллоноограничитель, 3 – пружинный нитенатяжитель, 4 – тормозной шкив, соединенный через редуктор с электродвигателем 5 (на рисунке редуктор не показан), 6 и 11 – направляющие ролики, 7 – измерительный ролик, 8 – приемное веретено, 9 – бобина обработанных ниток, 10 – устройство для нанесения эмульсии, 12 – рычаг измерительного ролика, 13 – сельсин, 14 – электромагнитный тормоз.

Зона вытягивания нити расположена между тормозным шкивом и приемной бобиной. Тормозной момент создается электродвигателем. Электромагнитный тормоз создает предварительное натяжение нити перед тормозным шкивом. Для исследования поведения нити под действием усилий вытягивания в работе проведено аналитическое моделирование процесса вытягивания нити (рис. 4).

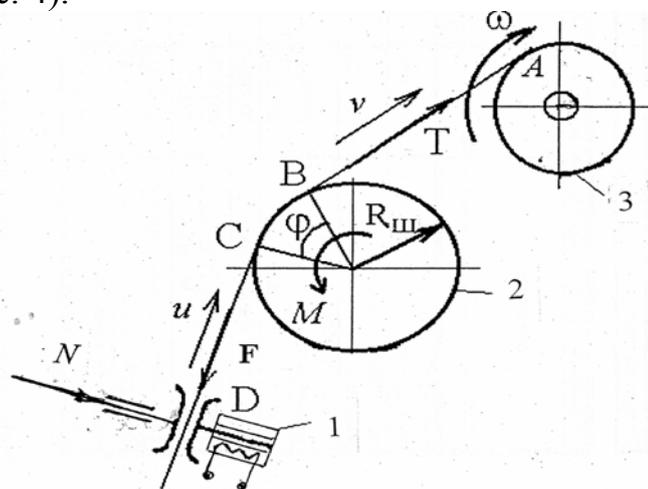


Рисунок 4 – Схема вытягивания нити

На рисунке изображены: 1 – электромагнитный тормоз, 2 – тормозной шкив, 3 – приемная бобина.

В зоне вытягивания нить движется со скоростью  $v$ . Скорость движения нити до тормозного шкива  $u$ . Очевидно, что для вытягивания нити должно выполняться неравенство  $u < v$ . Отношение скоростей  $B = \frac{v}{u}$  определяет величину вытяжки (утонения) нити под действием усилия вытягивания  $T$ .

В соответствии со схемой вытягивания (рис.4) уравнение вращения тормозного шкива можно записать в виде

$$J\ddot{\varphi} = M + FR_{uu} - TR_{uu}, \quad (3)$$

где  $R_{uu}$  – радиус тормозного шкива,  $\varphi$  – угол поворота тормозного шкива,  $J$  – приведенный момент инерции системы торможения.

При установившемся режиме работы устройства, когда  $\ddot{\varphi} = 0$ , уравнение (3) примет вид

$$TR_{uu} = M + FR_{uu}. \quad (4)$$

Тогда усилие вытягивания равно

$$T = F + \frac{M}{R_{uu}}. \quad (5)$$

Для моделирования процесса вытягивания использована имитационная модель (рис. 5).

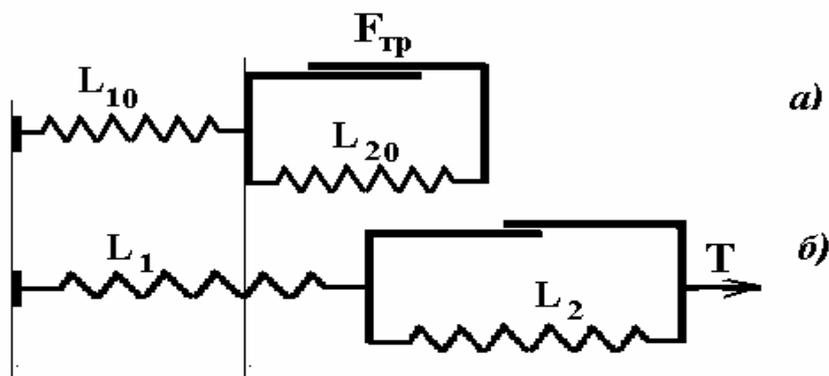


Рисунок 5 – Имитационная модель армированных ниток

Модель состоит из двух частей: из упругой части  $L_{10}$  и из упругоупругой части  $L_{20}$  (рис.5а), образованной параллельно соединенными упругой пружиной и пластическим элементом, представленным двумя пластинами, между которыми при их относительном сдвиге развивается сила трения  $F_{тр}$ .

На рис. 5б изображена эта же модель, находящаяся под действием растягивающей силы  $T$  на участке АВ (рис. 4).

$$\text{Удлинение нити равно } \Delta L = L_1 - L_{10} + L_2 - L_{20} \quad (6)$$

$$\text{Относительное удлинение нити равно } \varepsilon = \frac{L_1 - L_{10}}{L_{10} + L_{20}} + \frac{L_2 - L_{20}}{L_{10} + L_{20}} = k_1 \varepsilon_1 + k_2 \varepsilon_2 \quad (7)$$

$$\text{где } k_1 = \frac{L_{10}}{L_{10} + L_{20}}, k_2 = \frac{L_{20}}{L_{10} + L_{20}}, \varepsilon_1 = \frac{L_1 - L_{10}}{L_{10}}, \varepsilon_2 = \frac{L_2 - L_{20}}{L_{20}}. \quad (8)$$

Поскольку натяжение в рабочей зоне постоянно, справедливо равенство

$$\rho_{AB} v = \rho_{CD} u \quad (9)$$

На участке CD деформируется только упругий элемент модели, поэтому можем записать  $F = \varepsilon_1^{CD} E_1$ , где  $\varepsilon_1^{CD}$  – относительное удлинение первого элемента модели (участок CD), а  $E_1$  – жесткость этого элемента.

$$\text{Для участка АВ можем записать } T = \varepsilon_1^{CD} E_1, \quad T - F_{TP} = \varepsilon_2^{AB} E_2, \quad (10)$$

где  $E_2$  – жесткость второго элемента модели, состоящего из упругого и пластического компонентов.

Представленные исходные уравнения (9) и соотношения (10) позволили получить выражение

$$B = \frac{v}{u} = 1 + T \frac{1 + k \frac{E_1}{E_2}}{F + E_1(1 + k)} - \frac{F + k \frac{E_1}{E_2} F_{TP}}{F + E_1(1 + k)}, \quad (11)$$

отражающее зависимость утонения нити  $B$  от параметров, характеризующих упругопластические свойства нити (модулей упругости  $E_1$  и  $E_2$ ,  $F_{TP}$ ,  $k = L_{20} / L_{10}$ ) и от силовых характеристик: усилия вытягивания  $T$  и силы предварительного натяжения  $F$ . Выполненное моделирование явилось теоретической предпосылкой для создания электромеханического устройства.

В работе показано, что нить, располагающаяся на красильной бобине, существенно неоднородна, и колебания разрывного удлинения могут достигать 12 – 22 %. В связи с этим механизм вытягивания дополнен системой автоматического регулирования натяжения нити в зоне вытягивания.

На рис. 6 представлена схема системы. Система содержит следующие элементы: нить 1; приемную бобину 2; неподвижные направляющие ролики 3; подвижный направляющий ролик 4; неподвижный цилиндр 5; пружину 6; механизм для задания силы натяжения пружины 7; тормозной шкив 8; тормозное устройство 9; редуктор 10; тормозной двигатель 11; усилитель 12; электрическую мостовую схему сравнения 13.

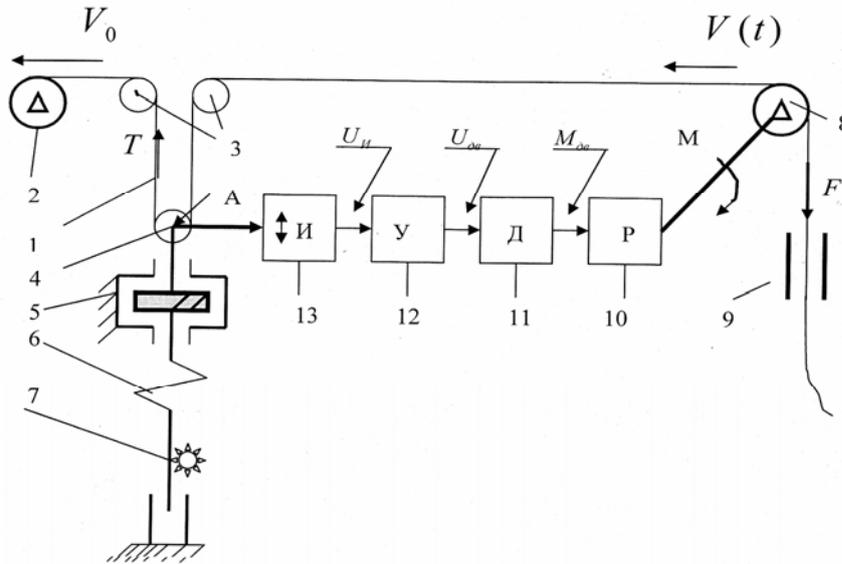


Рисунок 6 – Схема системы регулирования удлинения нитки

На ролике 4 закреплен электрический контакт, при перемещении которого изменяется выходное напряжение моста  $U_{и}$ . Неподвижный цилиндр 5 заполнен вязкой жидкостью и имеет подвижный поршень с демпфирующим отверстием. Один конец штока поршня соединен с подвижным направляющим роликом, другой конец – с пружиной. Тормозное устройство 9 предназначено для создания предварительного натяжения нити.

Тормозной шкив 8 через редуктор соединен с тормозным двигателем 11, который через редуктор 10 создает момент  $M$ , направленный против направления вращения тормозного шкива ( $M = M_{дв}i$ ,  $i$  – передаточное число редуктора). Если принять, что проскальзывание нити по тормозному шкиву отсутствует, то в ней возникает сила натяжения  $T = M / R_{ш}$  ( $R_{ш}$  – радиус тормозного шкива). Требуемая величина силы натяжения нити  $T$  определяется технологом.

Выполнен расчет системы с целью обеспечения необходимого качества регулирования, которое характеризуется временем переходного процесса и величиной статической ошибки.

Для расчета использованы следующие уравнения элементов системы:

- уравнение движение подвижного ролика с пружиной и демпфером

$$(T_2^2 p^2 + T_1 p + 1)X = K_0 T, \quad (12)$$

- уравнения электродвигателя

$$U_{дв} = i_{я}(R_{я} + L_{я}p) - C_e p \varphi_{д}, \quad J_{ПП} p^2 \varphi_{д} = M_{дв} \pm M_{СТ}, \quad M_{дв} = C_m i_{я}, \quad (13)$$

- уравнение усилителя

$$U_{\text{об}} = K_{\text{эв}} U_{\text{и}}, \quad (14)$$

- уравнение тормозного шкива

$$T = K_{\text{ш}} M, \quad (15)$$

- уравнение измерительного и сравнивающего устройства

$$U_M = K_{\text{и}} (X_3 - X), \quad (16)$$

Приведенные уравнения позволяют получить уравнение системы

$$(a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3) X = b_3 X_3 + c_3 U_{\text{пэ}} + (d_2 p + d_3) f, \quad (17)$$

где  $a_0 = \frac{m}{c} T_{\text{об}}, \quad a_1 = \frac{m}{c} + \frac{K_{\text{дп}}}{c} T_{\text{об}}, \quad a_2 = \frac{K_{\text{дп}}}{c} + T_{\text{об}}, \quad a_3 = 1 + K_p;$

$$b_3 = K_p; \quad c_3 = K_{\text{об}} K_{\text{ш}} K_0 i; \quad d_2 = K_0 T_{\text{об}}, \quad d_3 = K_0; \quad K_p = K_{\text{ш}} K_{\text{эв}} K_{\text{об}} K_{\text{ш}} K_0 i;$$

$f$  – внешнее воздействие (возмущение).

Для расчета системы решена задача параметрического синтеза. В результате решения определены значения параметров системы, обеспечивающие требуемое качество регулирования. Для решения применен метод эффективных полюсов, который имеет простые алгоритмы, позволяющие за минимальное время проанализировать показатели качества большого количества вариантов систем с различными показателями качества. Такая возможность для анализа позволяет выбрать подходящие варианты. Однако алгоритмы метода могут применяться только в рабочей области, где колебательность системы  $\mu < 5$ .

Для построения рабочей области предусмотрены уравнения границ, составленные из коэффициентов уравнения системы:

$$\begin{aligned} a_2 a_0 < 6 a_1^2, \quad a_0^2 a_3 < a_1^3, \\ a_0 a_3 < 0.5 a_1 a_2, \quad a_1 a_3 < 6 a_2^2. \end{aligned} \quad (18)$$

С учетом выражений для коэффициентов уравнения (17) уравнения границ принимают вид

$$\left. \begin{aligned}
 K_{ДП} &= -\frac{11m}{12T_{\partial\delta}} + \sqrt{\frac{mcT_{\partial\delta}^2}{6} - \frac{23m^2}{144T_{\partial\delta}^2}}, \\
 K_p &= \frac{(m + K_{ДП}T_{\partial\delta})^3}{cm^2T_{\partial\delta}^2} - 1, \\
 K_p &= \frac{0.5(m + K_{ДП}T_{\partial\delta})(K_{ДП} + T_{\partial\delta}c)}{cmT_{\partial\delta}} - 1, \\
 K_p &= \frac{6(K_{ДП} + cT_{\partial\delta})^2}{c(m + K_{ДП}T_{\partial\delta})} - 1, \\
 K_p &= K_{И}K_{ЭУ}K_{\partial\delta}iK_{и}K_0.
 \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

На рис. 7 представлена рабочая область. По оси ординат отложены возможные значения коэффициентов скоростного демпфирования, по оси абсцисс – значения коэффициентов усиления. В рабочей области показаны четыре рабочие точки и линия  $\rho = 1$ , разделяющая область на две подобласти: аперiodических и колебательных процессов.

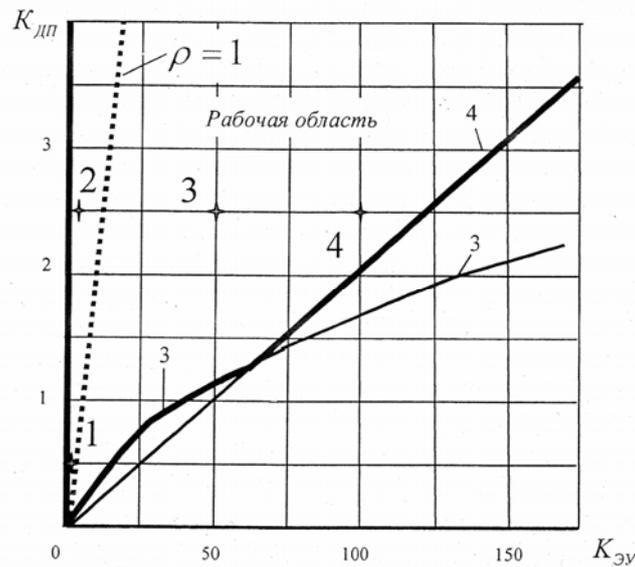


Рисунок 7 – Рабочая область

На рис. 8 и 9 показаны результаты численного моделирования переходных процессов. При моделировании эффект влияния упруго-пластической деформации на переходный процесс реализовывался с помощью вводимых возмущений:

$$f(t) = f_0, \quad f(t) = \exp(-0.5t) \sin(10t). \quad (20)$$

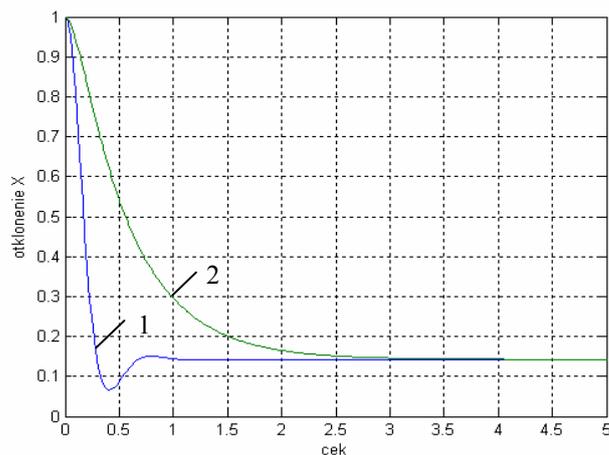


Рисунок 8 – Переходные процессы:  
 кривая 1 –  $K_{ДП} = 0.5, K_{ЭУ} = 2, f = 0.3$ ;  
 кривая 2 –  $K_{ДП} = 2.5, K_{ЭУ} = 2, f = 0.3$ .

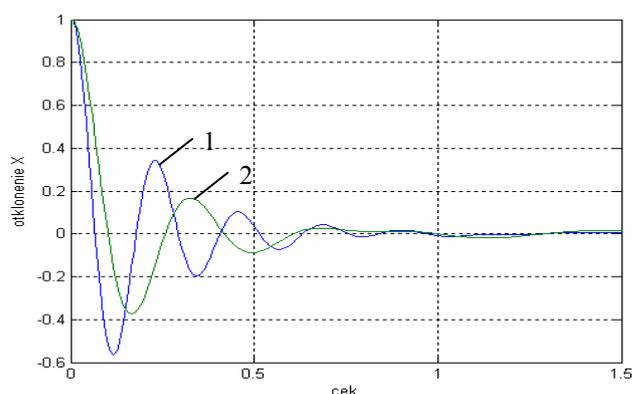


Рисунок 9 – Переходные процессы:  
 кривая 1 –  $K_{ДП} = 2.5, K_{ЭУ} = 100, f = \exp(-0.5t)\sin(10t)$ ;  
 кривая 2 –  $K_{ДП} = 2.5, K_{ЭУ} = 50, f = \exp(-0.5t)\sin(10t)$ .

Моделирование выполнялось для рабочих точек, соответствующих различным значениям коэффициентов усиления и демпфирования.

Результаты моделирования позволяют сделать вывод о том, что предложенная система при практическом использовании может обеспечить требуемую стабилизацию натяжения нити.

Время регулирования при коэффициентах усиления  $K_{ЭУ} = 50$  и  $K_{ЭУ} = 100$  не превышает 1 секунды, и отклонение измерительного ролика при установившемся режиме  $X_{СТ} = 0$ .

В разд. 3.4 приводятся результаты технологических испытаний разработанного механизма для вытягивания армированных швейных ниток 35ЛЛ и 45ЛЛ. Оценка физико-механических свойств ниток до вытягивания и

после вытягивания производилась на современном комплексе приборов ряда зарубежных фирм (Keisoki Laserspot LST II, Textechno STATIGRAPH – L, Microcolor 2000). Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Изменение свойств ниток 35ЛЛ в результате вытягивания

Т, сН	Р, сН	ε, %	d, %	Δ d, %	Число отклонений от среднего диаметра				
					Отклонение, %				Всего
					+30	+15	-15	-30	
0	1584	17,6	35,4		0	14	6	2	22
100	1520	17,0	34,6	2,3	0	5	3	0	8
200	1569	16,9	34,1	3,7	0	8	1	0	9
300	1575	14,8	33,8	4,5	0	4	1	0	5

В таблице приняты следующие обозначения: Т – усилие вытягивания, сН; Р – разрывная нагрузка, сН; ε – удлинение, %; d – оптический диаметр ниток, %;  $\Delta d = (d_0 - d_T) / d_0, \%$ ; где  $d_0$  – диаметр ниток до вытягивания,  $d_T$  – диаметр ниток после вытягивания с усилием Т.

Из анализа полученных данных следует, что в результате вытягивания относительное разрывное удлинение ниток снизилось на 16 %, произошло утонение ниток на 4,5 % и примерно в 4 раза повысилась равномерность ниток по диаметру. Аналогичные результаты получены при вытягивании ниток 45ЛЛ: относительное разрывное удлинение снизилось на 15 – 30 %, диаметр уменьшился на 7 – 10 %, в полтора раза уменьшилось число отклонений диаметра от среднего значения.

Проведенные исследования показывают, что разработанный механизм вытягивания с системой автоматического регулирования удлинения позволяет осуществить целенаправленное изменение свойств швейных ниток.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработан механизм для вытягивания швейных армированных ниток с целью уменьшения и стабилизации их разрывных удлинений. Механизм разработан на основе результатов экспериментально-теоретических исследований ниток, как объекта силового воздействия системы регулирования натяжения и защищен автором двумя патентами РФ № 2296828 и № 104558.

2. Экспериментально установлено, что величина разрывного удлинения швейных ниток 35ЛЛ, 45ЛЛ и 70ЛЛ, расположенных на поверхности красильной бобины, на 12 – 22 % выше разрывного удлинения ниток, находящихся у перфорированного патрона.

3. На основе данных экспериментальных исследований выполнены полиномиальные аппроксимации для получения аналитических зависимостей разрывного удлинения от механических нагрузок для швейных ниток 35ЛЛ, позволяющих прогнозировать величины вытягивающих усилий для достижения

задаваемых разрывных удлинений ниток, расположенных в различных слоях красильной бобины.

4. В результате теоретического моделирования процесса вытягивания ниток получено аналитическое описание зависимости величины утонения ниток от величины растягивающего и тормозного усилий. Описание позволяет произвести расчет параметров настройки механизмов вытягивания.

5. Выполнено аналитическое проектирование системы регулирования натяжения ниток с учетом требований по быстродействию и точности регулирования.

6. Выполнено численное моделирование процессов регулирования. Результаты свидетельствуют о том, что спроектированная система обеспечивает необходимую стабилизацию натяжения нити в процессе ее вытягивания при перемотке с красильной бобины на паковку.

7. Получено технологическое подтверждение работоспособности разработанного механизма вытягивания ниток в целом при производстве армированных швейных ниток 35ЛЛ.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

**Статьи в рецензируемых журналах, входящих в «Перечень ВАК РФ»**

1. Энтин В.Я., Челышев С.В., Каневский М.А. Система регулирования натяжения нити при намотке на бобину. // Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 1, 2011, с. 12-23.
2. Чайкин В.А., Челышев С.В., Энтин В.Я. и др. К задаче механической обработки ниток с целью оптимизации их упруго-релаксационных свойств. //Швейная промышленность, № 6, 2007, с. 33-34
3. Энтин В.Я., Чайкин В.А., Челышев С.В. К задаче автоматического регулирования процесса выравнивания свойств нитей. //Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 1, 2008, с. 35-39.
4. Энтин В.Я., Челышев С.В. и др. Улучшение свойств швейных ниток на основе их механической обработки. //Известия вузов. Технология текстильной промышленности, № 5, 2008, с. 24-26.
5. Энтин В.Я., Чайкин В.А., Челышев С.В. и др. Силовое решение проблемы качества швейных ниток. //Швейная промышленность, № 3, 2009, с. 50-51.
6. Энтин В.Я., Чайкин В.А., Челышев С.В. и др. Модификация деформационных свойств нитей с учетом прогнозируемых условий их эксплуатации. //Швейная промышленность, № 1, 2010, с. 42 – 43.

**Патенты РФ**

7. Каневский А.С., Чайкин В.А., Челышев С.В. и др. Устройство для выравнивания натяжения нитей. Патент РФ № 2296828.
8. Каневский А.С., Энтин В.Я., Челышев С.В. и др. Устройство для регулирования величины удлинения швейных ниток. Патент РФ № 104558.

## Материалы научно-технических конференций

9. Чельшев С.В., Энтин В.Я. Удлинение швейных ниток и его влияние на их пошивочные свойства. //Сб. материалов Международной научно-технической конф. «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (ПРОГРЕСС – 2007)». Материалы конференции. Ч. 1, Иваново, ИГТА, 2007, с. 206.
10. Чайкин В.А., Чельшев С.В., Энтин В.Я. и др. Проблема оптимизации упруго-релаксационных свойств швейных ниток. //Сб. материалов Международной научно-технической конф. «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (ПРОГРЕСС – 2008)» Иваново, ИГТА, 2008, с. 5-6.
11. Чельшев С.В., Энтин В.Я. Силовой метод управления упруго-релаксационными свойствами швейных ниток. //Сб. материалов межвузовской научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск – 2009). Иваново, ИГТА, 2009, ч. 1, с. 153-154.
12. Чельшев С.В., Энтин В.Я. Изменение реологических свойств швейных ниток в процессе вытягивания. //Сб. материалов межвузовской научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск – 2009). Иваново, ИГТА, 2009, ч. 1, с. 154-155.
13. Афанасьев В.И., Чельшев С.В. и др. Коррекция свойств пряжи под воздействием низкотемпературной плазмы. //Сб. материалов МНТК «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск – 2010). Иваново, ИГТА, 2010, с. 25-26.
14. Виноградова А.В., Федорова А.А., Чельшев С.В. Улучшение физико-механических свойств полиэфирных швейных ниток. //Сб. материалов МНТК «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск 2010). Иваново, ИГТА, 2010, с. 195 – 197.
15. Чельшев С.В., Каневский М.А. и др. Исследование системы автоматического регулирования деформационных свойств швейных ниток. //Сб. материалов межвузовской научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск – 2011). Иваново, ИГТА, 2011, с. 22-23.
16. Чельшев С.В., Виноградова А.В., Систер Д.П. Изменение деформационных свойств швейных ниток под действием гравитационных сил. //Сб. материалов межвузовской научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск – 2011). Иваново, ИГТА, 2011, с. 19 – 21.
17. Афанасьев В.И., Виноградова А.В., Чельшев С.В. Электромеханическая система коррекции свойств швейных ниток. //Сб. материалов межвузовской научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск – 2011). Иваново, ИГТА, 2011, с. 24-25.