

На правах рукописи

Егоров Владимир Владимирович

**АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ШВЕЙНЫХ МАШИН
НА ИГОЛЬНУЮ И ЧЕЛНОЧНУЮ НИТИ В ПРОЦЕССЕ
ОБРАЗОВАНИЯ СТЕЖКА**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2016

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

Научный руководитель: **Марковец Алексей Владимирович**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», заведующий кафедрой машиноведения.

Официальные оппоненты: **Хэйло Сергей Валерьевич**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», заведующий кафедрой прикладной механики.

Ермаков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве.

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

Защита состоится 11 октября 2016 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.236.06 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий 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 промышленных технологий и дизайна», www.sutd.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2016 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета:

Полякова Екатерина
Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Повышение качества швейных изделий, увеличение производительности швейных машин, уменьшение отходов и брака являются актуальными задачами для швейных предприятий. Решение указанных задач связано с необходимостью совершенствования конструкции механизмов швейных машин. В процессе выполнения строчки на швейной машине происходит взаимодействие ее рабочих органов с нитями, образующими стежок, и материалами. При проектировании швейных машин требуется установить согласованное движение всех рабочих органов, при котором в процессе выполнения строчки швейная машина будет обеспечивать качественную строчку при требуемой и стабильной длине стежка. В процессе эксплуатации швейных машин на предприятиях необходимо выполнять настройку натяжения игольной и челночной нитей, что, как правило, проводится экспериментально с использованием тестовых образцов тканей и нитей и требует определенного опыта в обслуживании и настройке швейной машины.

Исходя из сказанного актуальной является задача анализа воздействия рабочих органов швейной машины на игольную и челночную нити в процессе образования стежка, что позволит расчетным путем приближенно определять требуемое натяжение челночной и игольной нитей, устанавливаемое регуляторами на швейной машине, для получения качественной строчки и устранения обрывов нитей. Полученные результаты анализа воздействия рабочих органов швейной машины на нити могут быть использованы при проектировании новых и модернизации существующих швейных машин, а также могут быть использованы в дальнейшем при разработке перспективных многоприводных швейных машин.

Цели и задачи работы. Целью работы является разработка методов исследования воздействия рабочих органов швейной машины на игольную и челночную нити в процессе образования челночного стежка, определения усилий, возникающих в нитях при затягивании стежка и сматывании нитей с катушки и шпули, расчета регулировочных характеристик устройств натяжения нитей, обеспечивающих получение качественной строчки и повышение производительности швейных машин. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

— проанализировать движение рабочих органов швейной машины челночного стежка и определить фазовые углы поворота главного вала швейной машины, соответствующие характерным положениям рабочих органов при их взаимодействии с игольной и челночной нитями и стачиваемыми материалами в процессе образования стежка;

— разработать математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для согласования движений рабочих органов швейной машины и построения синхронной циклограммы;

— выполнить анализ процессов потребления игольной и челночной нитей при образовании челночного стежка, выявить продолжительность и ха-

раक्टर кинематического внешнего воздействия на нити со стороны рабочих органов при затягивании челночного стежка и сматывания нитей с катушки, и шпули;

— разработать методическое, математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для решения задач динамического анализа процессов сматывания игольной нити с катушки, челночной нити со шпули, втягивания узелка переплетения нитей в стачиваемые материалы;

— решить задачи динамического анализа процессов затягивания челночного стежка и сматывания нитей с катушки и шпули, проанализировать влияние конструктивных параметров на натяжение игольной и челночной нитей в процессе затягивания стежка, сформулировать инженерные рекомендации по получению параметров настройки регуляторов натяжения нитей, обеспечивающих получение качественной строчки.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы применялись методы математического анализа, теории колебаний, нелинейной механики, аналитического и численного моделирования с широким использованием возможностей современных ЭВМ.

Научная новизна. Новизна работы состоит в том, что:

– предложен метод анализа потребления игольной и челночной нитей при образовании челночного стежка; разработано соответствующее математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для определения кинематического внешнего воздействия на игольную и челночную нити со стороны исполнительных механизмов швейной машины;

– предложена математическая модель процесса сматывания челночной нити со шпули при образовании челночного стежка, разработано соответствующее математическое, алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее анализировать натяжение челночной нити при сматывании ее со шпули и раскручивание шпули в шпульном колпачке;

– предложена математическая модель процесса втягивания узелка переплетения игольной и челночной нитей при образовании челночного стежка, разработано соответствующее математическое, алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее анализировать натяжение игольной нити при втягивании узелка переплетения в материалы;

– выполнен анализ сил, действующих на узелок переплетения в процессе втягивания его в стачиваемые материалы; предложены аналитические зависимости для описания характера указанных сил в зависимости от положения узелка переплетения в пакете стачиваемых материалов.

Практическая значимость результатов работы. Разработанное в диссертационной работе математическое, алгоритмическое и программное обеспечение доведено до практической реализации в виде пакета прикладных программ, позволяющих определять требуемые параметры тарельчатого регулятора натяжения игольной нити и пластинчатой пружины, регулирующей натяжение челночной нити; моделировать на ЭВМ процессы сматывания игольной и челночной нитей с катушки и шпули, процесс втягивания узелка переплетения игольной и челночной нитей в стачиваемые материалы.

Использование разработанных пакетов прикладных программ позволит сократить затраты тестовых образцов ткани и нити, труда и времени на настройку швейных машин, особенно в условиях массового производства на швейных фабриках.

При проектировании новых или модернизации существующих швейных машин разработанные методики моделирования процессов затягивания стежка позволят: оценить влияние параметров рабочих органов на качество строчки; определить требуемые параметры нитенатяжных механизмов. Разработанные пакеты прикладных программ могут быть использованы при проектировании перспективных многоприводных швейных машин.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были доложены: на международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (ПРОГРЕСС-2012), Текстильный институт ИВГПУ (Иваново, 2012 г.); на международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (ПРОГРЕСС-2013), Текстильный институт ИВГПУ (Иваново, 2013 г.); на всероссийской научно-технической конференции молодых ученых «Инновации молодежной науки», Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (Санкт-Петербург, 2016 г.).

Практическая значимость работы подтверждена актами апробации на швейном предприятии ООО «СТАЙЛ Групп» и ЗАО «Скороход-Мода».

Публикации. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в научных работах, в том числе 3 статьи в изданиях, входящих в «Перечень ...» ВАК РФ, 3 тезиса докладов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Общий объем работы составляет 187 страниц машинописного текста, включая 9 таблиц, 117 рисунков. Библиографический список включает 77 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе выполнен обзор литературных и патентных источников, посвященных конструкциям исполнительных механизмов швейных машин, а также исследованиям процессов взаимодействия рабочих органов швейной машины с нитями. Анализ движения рабочих органов швейной машины, согласованности этих движений между собой, теоретическому и экспериментальному построению и проектированию циклограмм работы механизмов швейной машины посвящены работы Н.М. Вальщикова, В.П. Гарбарука, В.П. Полухина, А.И. Комиссарова, С.И. Русакова, И.В. Лопандина, А.С. Ермакова, А.В. Марковца, Л.С. Мазина, Л.Б. Рейбарха,

В.В. Сторожева, И.С. Зака и др. Среди исследований, посвященных задачам построения диаграмм подачи и потребления нитей следует выделить работы А.И. Комисарова, В.Н. Гарбарука, В.П. Полухина, А.С. Ермакова, К.А. Зверева-Степного, И.В. Лопандина. Теоретическому и экспериментальному анализу натяжения нити в швейных машинах и условиям образования челночного стежка посвящены работы И.В. Лопандина, К.А. Зверева-Степного, С.И. Русакова, В.П. Полухина, В.Е. Мурыгина, Н.Н. Архипова, О.Н. Гордеева, В.А. Пищикова, Н.А. Кулиды, А.Н. Кулиды, Е.Д. Ефремова, Р.П. Абейсурьи, Р.С. Ренгасами, М.Н. Иванова, Г.С. Навасардяна. В заключение главы сформулированы основные цели и задачи работы.

Во второй главе рассматриваются задачи кинематического анализа исполнительных механизмов швейной машины челночного стежка на примере швейной машины 131-12+3 кл. В процессе кинематического анализа определены функции перемещения отдельных точек на рабочих органах швейной машины, взаимодействующих с нитями и стачиваемыми материалами, а также фазовые углы поворота главного вала швейной машины, соответствующие характерным моментам образования челночного стежка (прокол материалов иглой, прохождение ушка иглы через стачиваемые материалы, крайнее нижнее положение иглы, образование петли-напуска, вход носика челнока в петлю-напуск, ее расширение и обвод вокруг шпуледержателя, вытягивание нитепритягивателем петли игольной нити из челнока, перемещение стачиваемых материалов вдоль игольной пластины). Разработано математическое, алгоритмическое и программное обеспечение в среде MATLAB, позволяющее совместить движение всех рабочих органов швейной машины и построить синхронную циклограмму.

С использованием разработанного программного обеспечения выполнен анализ влияния на угол рабочего хода отдельных механизмов шага транспортирования и толщины стачиваемых материалов. Например, при увеличении шага транспортирования увеличивается угол рабочего хода механизма транспортирования материалов, а при увеличении толщины стачиваемых материалов увеличивается угол рабочего хода механизма привода игловодителя.

Третья глава посвящена определению фаз начала и окончания потребления игольной и челночной нити и законов их потребления для выявления кинематических внешних воздействий на нити со стороны исполнительных механизмов швейной машины, в период, соответствующий сматыванию игольной нити с катушки и челночной нити со шпули, которые будут использованы в четвертой главе. При анализе состояния игольной нити принято, что нитепритягиватель обеспечивает возможность потребления нити всеми остальными механизмами. Количество игольной нити, предназначенной для потребления, вычисляется исходя из анализа длины игольной нити, заключенной между глазком нитепритягивателя и неподвижными нитенаправителями. Для расчета потребления нити механизмом челнока, с учетом сложной геометрической формы шпуледержателя, были предложены аналитические выражения, в которых шпуледержатель условно представлен в виде цилин-

дра. Для подтверждения полученных выражений был выполнен натурный эксперимент. Следует отметить, что потребление игольной нити механизмами транспортирования материалов и привода игловодителя зависят соответственно, от величины шага транспортирования и толщины пакета стачиваемых материалов.

На рисунке 1 представлен график $L(\varphi)$ состояния игольной нити, полученный путем вычитания количества потребленной нити из количества возможной при длине стежка $T = 4.5$ мм и толщине пакета стачиваемых материалов $h_{\text{тк}} = 5$ мм. Положительные значения на графике $L(\varphi)$ (участок 1-2) соответствуют периоду, когда в системе должно оказаться количество игольной нити за счет сматывания ее с катушки.

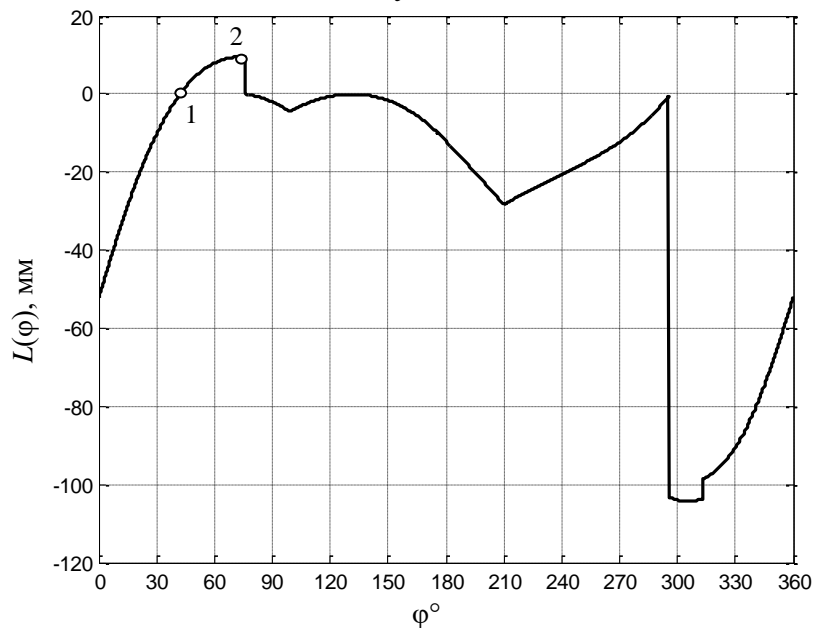


Рисунок 1 – Зависимость $L(\varphi)$

График $L(\varphi)$ позволяет выявить диапазон угла поворота $\varphi = \omega t$ главного вала, при котором в систему должно поступить дополнительное количество игольной нити за счет сматывания ее с катушки, а также установить характер зависимости $\xi(t)$ потребления игольной нити с катушки. Предложено аппроксимировать $\xi(t)$ следующей зависимостью:

$$\xi(\varphi) = a_0 \varphi^2 + a_1 \varphi + a_2, \quad \varphi = \omega t, \quad \omega = \text{const}, \quad \varphi \in [0, \varphi_{\text{зат}}],$$

где: $a_i, i = \overline{0, 2}$ – коэффициенты аппроксимации, ω – угловая скорость вращения главного вала швейной машины, $\varphi_{\text{зат}}$ – угол поворота главного вала, в течение которого происходит затягивание стежка.

В случае, если зависимость $L(\varphi)$ на участке 1-2 не задана, коэффициенты $a_i, i = \overline{0, 2}$ можно приближенно задать исходя из условий: $\xi(0) = 0$, $\xi(\varphi_{\text{зат}}) = T + h$, $\xi'(\varphi_{\text{зат}}) = 0$, где $\xi'(\varphi) = d\xi/d\varphi$. Условие $\xi'(\varphi_{\text{зат}}) = 0$ введено из предположения о том, что при $\varphi = \varphi_{\text{зат}}$ потребление игольной нити заканчивается, а начало следующего цикла образования стежка связано с изменением направления движения глазка нитепритягивателя. С учетом указанных усло-

вий можно получить следующие приближенные выражения для коэффициентов a_i , $i = \overline{0, 2}$: $a_2 = 0$, $a_1 = 2(T + h)\varphi_{\text{зат}}^{-1}$, $a_0 = -0,5a_1\varphi_{\text{зат}}^{-1}$.

Потребление $\zeta(t)$ челночной нити вызвано воздействием механизма транспортирования материалов и втягиванием узелка переплетения в стачиваемые материалы. Так как на данном этапе силы, действующие на нить, еще не учитывались, приближенно считаем, что узелок переплетения втягивается в середину пакета стачиваемых материалов. Зависимость $\zeta(t)$ может быть представлена в виде:

$$\zeta(\varphi) = \zeta_{\text{тк}}(\varphi) + \zeta_{\text{иг}}(\varphi), \quad \varphi = \omega t, \quad \omega = \text{const},$$

где $\zeta_{\text{тк}}(\varphi)$ – зависимость, выражающая потребление нити со шпули из-за перемещения стачиваемых материалов на длину стежка T ; $\zeta_{\text{иг}}(\varphi)$ – зависимость, характеризующая сматывание нити со шпули в момент затягивания стежка из-за перемещения узелка челночного переплетения в середину стачиваемых материалов. В работе принято, что $\zeta_{\text{тк}}(\varphi)$ определяется движением зубчатой рейки вместе со стачиваемыми материалами относительно игольной пластины:

$$\zeta_{\text{тк}}(\varphi) = \begin{cases} 0,5T - \sqrt{X_Q(\varphi) + Y_Q(\varphi)} + (i-1)T, & \text{при } Y_Q(\varphi) > 0, \\ 0, & \text{при } Y_Q(\varphi) \leq 0; \end{cases}$$

где $i = \overline{1, N}$ – порядковый номер стежка, $X_Q(\varphi)$, $Y_Q(\varphi)$ – зависимости, характеризующие перемещение среднего зуба Q зубчатой рейки относительно игольной пластины. Величина $\zeta_{\text{тк}}(\varphi)$ определяется положением узелка переплетения относительно игольной пластины. Указанная зависимость пропорциональна $\xi(\varphi)$ и зависит от сил, действующих на узелок переплетения в процессе затягивания стежка.

По результатам исследований, проведенных в третьей главе, было разработано математическое, алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее определять кинематическое внешнее воздействие на игольную и челночную нити со стороны исполнительных механизмов швейной машины, в период, соответствующий сматыванию игольной нити с катушки, и челночной нити со шпули.

В четвертой главе последовательно рассматриваются задачи динамического анализа процессов сматывания челночной нити со шпули, игольной нити с катушки и втягивания узелка переплетения нитей в стачиваемые материалы. В указанные моменты времени силы натяжения в нитях преодолевают усилия, создаваемые тарельчатым и пластинчатым регуляторами натяжения игольной и челночной нитей соответственно, и могут достигать максимальных значений, которые могут приводить к “петлянию” строчки, обрывам нитей.

Для анализа сматывания челночной нити со шпули рассматривается расчетная схема, представленная на рисунке 2, *a*, где 1 – стачиваемые материалы; 2 – игольная пластина; 3 – челночная нить; 4 – плоская пружина, ре-

гулирующая натяжение челночной нити; 5 – неподвижная ось, вокруг которой вращается шпуля; 6 – шпуля; 7 – шпульный колпачок, 8 – игольная нить, 9 – игла, T – длина стежка, h – толщина стачиваемых материалов в сжатом состоянии. Стачиваемые материалы 1 вместе с участком нити образовавшегося стежка считаются зажатými между игольной пластиной (зубчатой рейкой) и нижней плоскостью прижимной лапки (зубчатая рейка и прижимная лапка на рисунке 2, а не показаны), причем считается, что в этот период перемещение нити относительно стачиваемых материалов не происходит, то есть нить движется вместе с тканью за счет движения зубчатой рейки вдоль игольной пластины (ткани относительно зубчатой рейки не перемещаются).

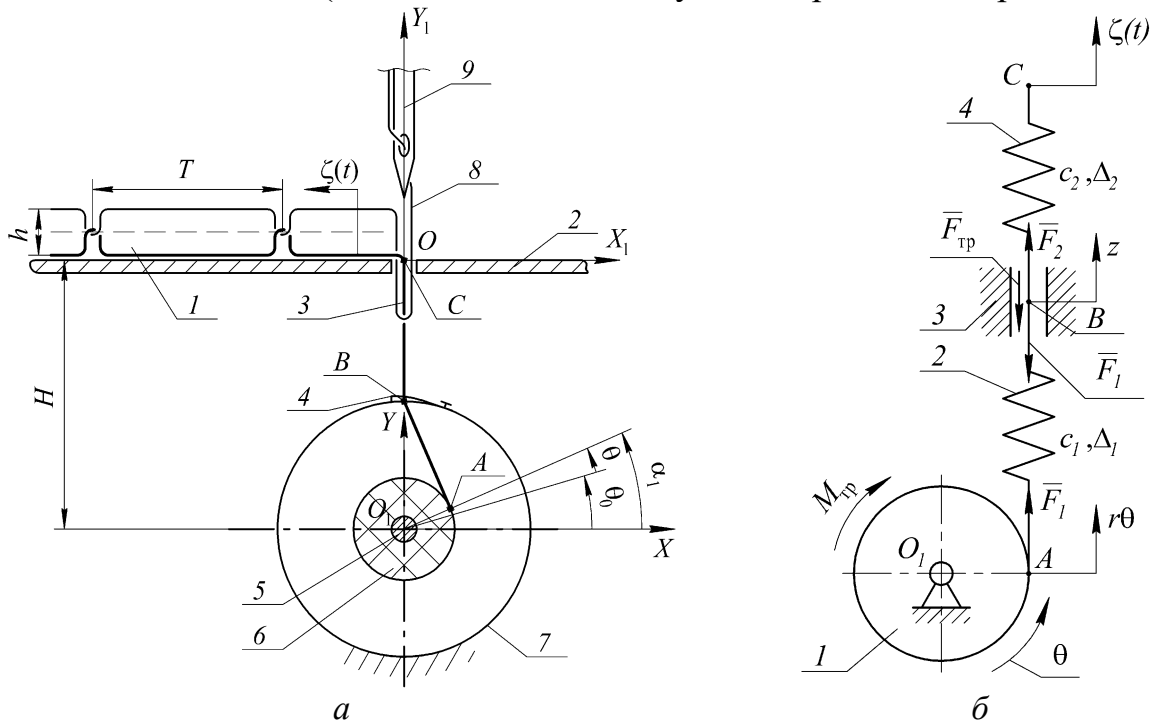


Рисунок 2 – Динамическая модель раскручивания шпули в шпульном колпачке

Динамическая модель рассматриваемой системы представлена на рисунке 2, б, где 1 – шпуля; 2 – участок AB нити от шпули до плоской пружины; 3 – плоская пружина, регулирующая натяжение челночной нити; 4 – участок BC нити от плоской пружины до игольной пластины; θ – угол поворота шпули, отсчитываемый от положения $\alpha_1 = \theta_0$; z – перемещение точки B челночной нити относительно пружины 3; Δ_i , $i=1,2$ – деформация нити на участках AB и BC соответственно. Считаем, что шпуля вместе с намотанной на нее нитью является абсолютно твердым телом массы m и моментом инерции J ; нить является податливой, безмассовой; зазор между шпулей и осью ее вращения мал и им можно пренебречь. Математическая модель рассматриваемой системы имеет вид

$$\begin{aligned}
 J\ddot{\theta} &= -M_{\text{тр}} + F_1 \cdot R, \quad F_2 = F_{\text{тр}} + F_1, \\
 M_{\text{тр}} &= M_0 \text{sign}(\dot{\theta}), \quad F_{\text{тр}} = F_0 \text{sign}(\dot{z}), \\
 F_i &= \begin{cases} c_i \Delta_i, & \text{при } \Delta_i > 0, \\ 0, & \text{при } \Delta_i \leq 0; \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\Delta_1 = z - R\theta, \quad \Delta_2 = \zeta(t) - z,$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент сил сухого трения между шпулей и осью шпульного колпачка (корпусом); M_0 – момент силы сопротивления (сухого трения) шпули о шпульный колпачок; $F_{\text{тр}}$ – сила сухого трения, возникающая в плоской пружине; F_0 – сила сопротивления (сухого трения) между плоской пружиной регулятора натяжения нити и нитью; F_i , $i=1,2$ – силы, возникающие в нити вследствие ее деформации Δ_i на участках AB и BC соответственно; $c_i = E \cdot F / L_i$ – жесткость нити на участках AB и BC (приближенно); E – модуль упругости; F – площадь поперечного сечения нити; L_i – длины участков AB и BC соответственно.

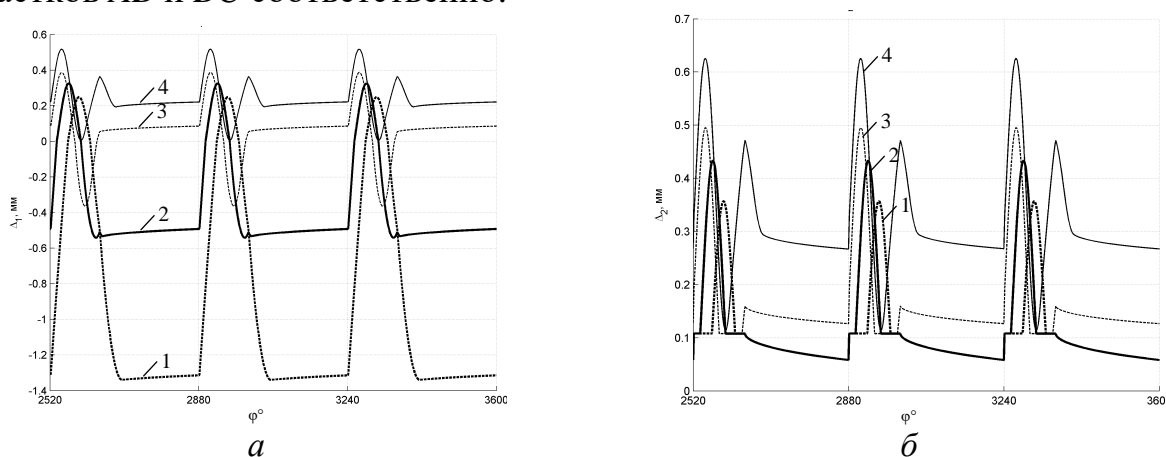


Рисунок 3 – Зависимости $\Delta_i(\varphi)$, $i=1,2$

С использованием полученных выражений в среде MATLAB выполнено численное моделирование динамики шпули при $J = 2,12 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м}^2$; $E = 1,42 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$; $F = 3,142 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$; $\omega = 1000 \text{ об/мин.}$, $F_0 = 0,5 \text{ Н}$. На рисунке 3 представлены графики зависимостей $\Delta_i(\varphi)$, $i=1,2$ при $M_0 = [1,16 \cdot 10^{-3}$ (кривая 1); $1,93 \cdot 10^{-3}$ (кривая 2); $2,7 \cdot 10^{-3}$ (кривая 3); $5 \cdot 10^{-3}$ (кривая 4)] $\text{Н} \cdot \text{м}$ ($\varphi = \omega t$). Увеличение момента M_0 приводит к увеличению деформации Δ_1 и силы F_1 на участке AB , что может привести к обрыву нити и негативно влияет на качество строчки. При уменьшении M_0 наблюдается раскручивание шпули в шпульном колпачке, что может приводить к спутыванию челночной нити.

Для анализа сматывания игольной нити с катушки и втягивания узелка переплетения в стачиваемые материалы предложена динамическая модель, представленная на рисунке 4, где 1 – катушка, 2 – тарельчатый регулятор, 3 – глазок нитепритягивателя, 4 – узелок переплетения нитей. Игольная нить представлена деформируемой, безмассовой и разбита на три участка (см. рисунок 4): A_1A_2 , A_3A_4 и A_5A_6 . На динамической модели (рисунок 4) элементами типа “сухое трение” представлены тарельчатый регулятор 2, а также взаимодействие узелка переплетения с материалами и пластинчатая пружина на шпульном колпачке, приведенные к точке A_6 . К элементу 4 приведены сила трения между игольной нитью и глазком нитепритягивателя 3. Участок челночной нити (на рисунке 4 не показан) от узелка переплетения до шпули

ввиду малости его длины по сравнению с указанными участками игольной нити принят нерастяжимым, безмассовым; считается, что деформация материалов в зоне вытягивания узелка отсутствует (материалы зафиксированы прижимной лапкой на игольной пластине или зубчатой рейке). Считаем, что в рассматриваемом диапазоне времени стачиваемые материалы в процессе вытягивания узелка неподвижны, а на игольную нить действует приведенное к глазку 3 нитепритягивателя кинематическое внешнее воздействие $y(t)$ со стороны рабочих органов швейной машины, характеризующее потребление нити $\xi(t)$, причем из-за наличия двух ветвей A_3A_4 и A_5A_6 и $\varepsilon \approx 0$, $y(t) = \xi(t) / 2$.

Катушка, с намотанной на нее игольной нитью, считается абсолютно твердым телом I , имеющим возможность поворота относительно оси O_1 на угол $v(t)$.

Участки A_1A_2 , A_3A_4 и A_5A_6 нити представлены на динамической модели в виде упругих элементов с коэффициентами жесткости c_i , $i = \overline{1,3}$ соответственно (деформацией нити на участках A_2A_3 и A_4A_5 пренебрегаем вследствие их малости). В качестве обобщенных координат принят угол поворота v катушки I , x_1 – перемещение точки A_3 , x_2 – перемещение точки A_4 , x_3 – перемещение точки A_6 узелка переплетения в материалах.

Математическая модель рассматриваемой (рисунок 4) системы имеет вид

$$J\ddot{v} = -M_T + F_1 r, \quad F_{T2} = F_3, \quad F_2 = F_3, \quad F_2 = F_{T1} + F_1,$$

где

$$F_i = \begin{cases} c_i \Delta_i, & \text{при } \Delta_i > 0, \\ 0, & \text{при } \Delta_i \leq 0, \quad i = \overline{1,3} \end{cases}$$

$$F_{T1} = F_{T10} \text{sign}(\dot{x}_1); \quad F_{T2} = F_{T20}(x_3) \text{sign}(\dot{x}_3); \quad M_T = M_{T0} \text{sign}(\dot{v});$$

$$\Delta_1 = x_1 - rv, \quad \Delta_2 = y(t) + x_2 - x_1, \quad \Delta_3 = y(t) - x_2 - x_3;$$

J – момент инерции катушки с игольной нитью относительно оси вращения O_1 ; M_T – момент сил трения между катушкой игольной нити и корпусом швейной машины; M_{T0} – момент трения катушки о корпус; F_i , $i = \overline{1,3}$ – силы упругости, возникающие на участках A_1A_2 , A_3A_4 , A_5A_6 игольной нити, вследствие ее деформации на величины Δ_i соответственно; F_{T1} – сила трения, действующая со стороны тарельчатого регулятора на игольную нить; F_{T10} – уси-

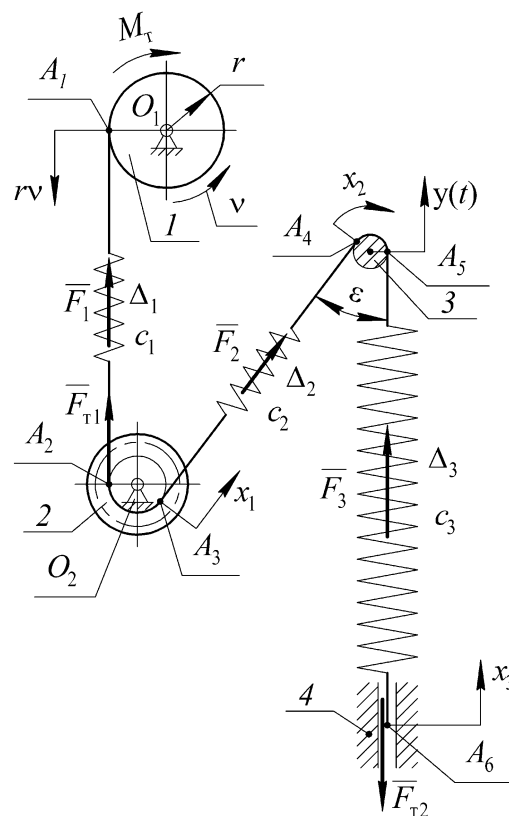


Рисунок 4 – Динамическая модель вытягивания узелка переплетения

лие, создаваемое элементом типа “сухое трение”, соответствующему тарельчатому регулятору натяжения игольной нити; $F_{т2}$ – приведенная к точке A_6 узелка переплетения сила, действующая на игольную нить вследствие: трения игольной и челночной нити о стачиваемые материалы; натяжения челночной нити (участок от узелка переплетения до пластинчатой пружины шпульного колпачка); взаимного огибания игольной и челночной нитей в узелке переплетения.

В работе показано, что при $F_{т20}(x_3) = \text{const}$ возможны два случая:
 а) $F_{т20} > F_{т10}$ – втягивание узелка переплетения в материалы не происходит;
 б) $F_{т20} \leq F_{т10}$ узелок переплетения в процессе затягивания стежка перемещается над материалами. Для перемещения узелка переплетения в середину пакета стачиваемых материалов необходимо, чтобы $F_{т20}(x_3) \neq \text{const}$. С целью учета факторов, которые могут оказывать влияние на $F_{т20}(x_3)$ предлагается представить $F_{т20}(x_3)$ в виде суммы $\sum_{i=1}^4 (F_{т20}(x_3))_i$, где $(F_{т20}(x_3))_1$ – составляющая, связанная с воздействием на игольную нить силы натяжения челночной нити, располагающейся под игольной пластиной; $(F_{т20}(x_3))_2$ – составляющая, учитывающая силу трения участков игольной и челночной нити о материалы, а также приведенную к материалам силу трения игольной нити о глазок нитепритягивателя и нитенаправителя; $(F_{т20}(x_3))_3$ – реакция на узелок переплетения нитей со стороны стачиваемых материалов, возникающая в результате расширения узелком отверстия в материалах, сделанного ранее иглой; $(F_{т20}(x_3))_4$ – составляющая, связанная с изменением углов охвата игольной и челночной нитей в узелке переплетения при его перемещении в стачиваемых материалах на величину x_3 .

На основании принятых допущений и предположений в дальнейшем считается, что $(F_{т20}(x_3))_i \approx \text{const}$, $i = 1, 2$; $(F_{т20}(x_3))_3 \approx 0$ (предполагается, что $(F_{т20}(x_3))_3 \neq 0$ только для материалов определенного вида, например, технических, прорезиненных тканей). Для учета в $F_{т20}(x_3)$ составляющих $(F_{т20}(x_3))_i$, $i = 1, 2$ и $(F_{т20}(x_3))_4$ предложено следующее выражение:

$$F_{т20}(x_3) = F_0 \exp(\mu(\alpha_n(x_3) + \alpha_c(x_3))),$$

где F_0 – приведенная к точке A_6 сила, действующая на игольную нить вследствие трения челночной нити о материалы, пластинчатую пружину на шпульном колпачке, а также приведенная сила трения игольной нити о глазок нитепритягивателя и нитенаправителя; μ – коэффициент трения, учитывающий взаимное огибание игольной и челночной нитей при втягивании узелка переплетения в материалы, $\alpha_n(x_3)$, $\alpha_c(x_3)$ – угол огибания игольной нитью челночную и челночной нитью игольную соответственно.

Зависимости $\alpha_n(x_3)$ и $\alpha_q(x_3)$, имея ввиду малость толщины h стачиваемых материалов, представлены в виде

$$\alpha_n(x_3) = \begin{cases} \pi & \text{при } 0 \leq x_3 \leq h/2, \\ 2\pi(1 - x_3/h) & \text{при } h/2 < x_3 \leq h, \end{cases}$$

$$\alpha_q(x_3) = \begin{cases} 2\pi x_3/h & \text{при } 0 \leq x_3 \leq h/2, \\ \pi & \text{при } h/2 < x_3 \leq h. \end{cases}$$

С помощью разработанного программного обеспечения в среде MATLAB было выполнено численное моделирование процесса втягивания узелка переплетения в стачиваемые материалы. При моделировании рассматривался интервал угла поворота главного вала, соответствующий процессу втягивания узелка в материалы. При $t=0$: $\xi(0)=0$, $\Delta_i(0)=0$, $i=\overline{1,3}$ (провивание нити на участках отсутствует, узелок переплетения A_6 находится на нижней поверхности стачиваемых материалов. Моделирование производилось при следующих значениях исходных данных: $h = 5$ мм, $T = 4.5$ мм, $\varphi_{\text{зат}} = 32^\circ$, $r = 15$ мм, $M_T = 1.5$ Н·мм, $F_{T1} = [1.5; 2; 2.5]$ Н, $F_0 = 0.5$ Н, $c_1 = 770$ Н/м, $c_2 = 2890$ Н/м, $c_3 = 1930$ Н/м.

С помощью разработанного программного обеспечения анализировались зависимости $x_i(\varphi)$, $\Delta_i(\varphi)$, $F_i(\varphi)$ $i=\overline{1,3}$, $F_{Ti}(\varphi)$, $i=1,2$, $\varphi = \omega t$. В качестве примера на рисунке 5 представлен график зависимости $x_3(\varphi)$, полученный при: $F_{T10} = 1.5$ Н (кривая 3), $F_{T10} = 2$ Н (кривая 2), $F_{T10} = 2.5$ Н (кривая 1).

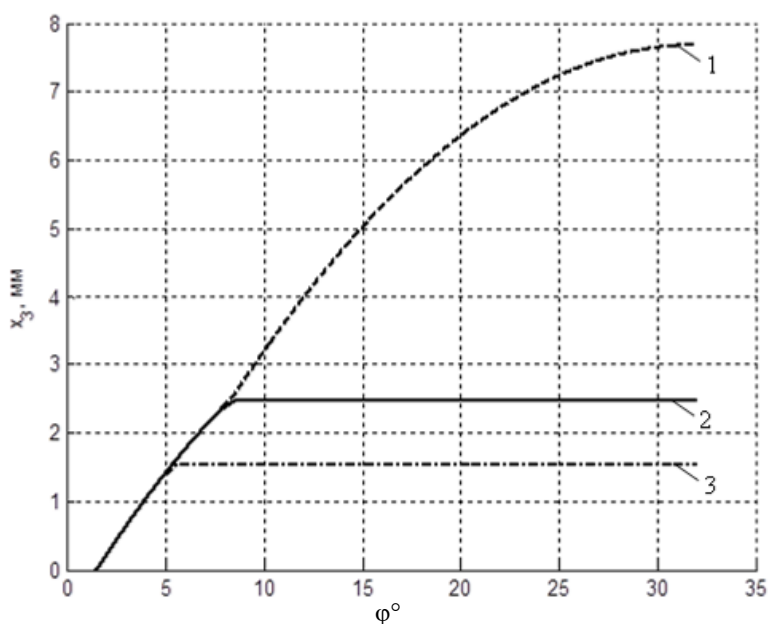


Рисунок 5 – Зависимости $x_3(\varphi)$

Как видно из представленных графиков, величина перемещения x_3 узелка переплетения в материалах зависит от величины F_{T10} усилия, создаваемого тарельчатым регулятором: с возрастанием F_{T10} перемещение x_3 в материалы увеличивается, что указывает на возможность втягивания нижней нити над материалами; при малых значениях F_{T10} (менее 0.75 Н) перемещения x_3 узелка переплетения в материалы не наблюдается; при $F_{T10} = 1.5$ Н и $F_{T10} = 2$ Н наблюдается остановка узелка переплетения в материалах ($h = 5$ мм), после которой осуществляется сматывание игольной нити с катушки.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ воздействия рабочих органов швейной машины на игольную и челночную нити в процессе образования стежка. Разработана методика определения сил, возникающих при сматывании игольной нити с катушки, челночной нити со шпули и втягивании узелка переплетения нитей в материалы в процессе затягивания стежка. Для этой цели разработано математическое, алгоритмическое и программное обеспечение.

2. С целью согласования движения рабочих органов швейной машины в процессе образования челночного стежка выполнен кинематический анализ исполнительных механизмов привода игловодителя, нитепритягивателя, челнока и транспортирования материалов. Для этой цели разработано математическое, алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее получать согласованное движение рабочих органов и выполнять построение синхронной циклограммы работы швейной машины в зависимости от шага транспортирования и толщины стачиваемых материалов.

3. Разработана методика, математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для получения кинематического внешнего воздействия на игольную нить со стороны исполнительных механизмов швейной машины при сматывании игольной нити с катушки. Предложена аналитическая зависимость для описания кинематического внешнего воздействия на игольную нить в процессе сматывания с катушки.

4. Разработано математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для получения и анализа кинематического внешнего воздействия на челночную нить со стороны исполнительных механизмов швейной машины при сматывании нити со шпули. Предложена зависимость, позволяющая аппроксимировать кинематическое внешнее воздействие на челночную нить со стороны рабочих органов швейной машины при сматывании ее со шпули.

5. Выполнен динамический анализ процесса сматывания челночной нити со шпули в процессе образования челночного стежка. С этой целью разработаны динамическая и математическая модели и соответствующее алгоритмическое и программное обеспечение, которое позволяет анализировать натяжение челночной нити и раскручивание шпули в шпульном колпачке в процессе сматывания с учетом силы натяжения, создаваемого пластинчатым регулятором, и трения шпули об шпульный колпачок.

6. Разработана методика, математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для динамического анализа процесса втягивания узелка переплетения нитей в стачиваемые материалы при затягивании стежка и сматывании игольной нити с катушки при учете усилия в тарельчатом регуляторе натяжения нити, свойств нити и толщины стачиваемых материалов.

7. Выполнен анализ сил, действующих на игольную нить в процессе втягивания узелка переплетения нитей в стачиваемые материалы, вследствие трения игольной и челночной нити о стачиваемые материалы, натяжения челночной нити и взаимного огибания нитей в узелке переплетения. Предложены аналитические выражения для описания характера зависимости ука-

занных сил от положения узелка переплетения в материалах в процессе затягивания стежка.

8. Даны инженерные рекомендации по выбору регулировочных характеристик тарельчатого регулятора и пластинчатой пружины на шпульном колпачке; значений момента трения между шпулей и шпульным колпачком, обеспечивающих получение качественной строчки. Для обеспечения проведения узелка переплетения в середину стачиваемых материалов усилие, создаваемое тарельчатым регулятором, должно превышать усилие, создаваемое пластинчатой пружинной на шпульном колпачке примерно в $4 \div 5$ раз.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

1. Егоров, В. В. Исследование процесса раскручивания шпули в челноке швейной машины / В. В. Егоров, А. В. Марковец // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 78-81.

2. Егоров, В. В. Математическая модель процесса втягивания узелка переплетения игольной и челночной нитей в стачиваемые материалы / В. В. Егоров, А. В. Марковец, Л. С. Мазин, Т. А. Луганцева // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2015. – Т. 30. – № 4. – С. 29-35.

3. Егоров, В. В. Исследование процесса сматывания нити со шпули в челноке швейной машины с учетом регулятора натяжения нити / В. В. Егоров, А. В. Марковец, Л. С. Мазин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 1 (361). – С. 137-142.

Материалы конференций и тезисы докладов

4. Егоров, В. В. Математическое моделирование сматывания нити со шпули в швейной машине челночного стежка / В. В. Егоров, А. В. Марковец // ПРОГРЕСС-2012 : сб. материалов международной научно-технической конференции, часть 2, 30 мая - 1 июня 2012 г. / Ивановская государственная текстильная академия (ИГТА) – Иваново, 2012. – С. 10-11.

5. Егоров, В. В. Анализ влияния траектории движения зубчатой рейки на потребление нити со шпули в челноке швейной машины / В. В. Егоров, А. В. Марковец // ПРОГРЕСС-2013 : сб. материалов международной научно-технической конференции, часть 2, 27 мая – 29 мая 2013 г. / Ивановская государственная текстильная академия (ИГТА) – Иваново, 2013. – С. 163-164.

6. Егоров, В. В. Математическое моделирование процесса затягивания стежка в швейных машинах / А. Д. Шевченко, В. В. Егоров, А. В. Марковец, Л. С. Мазин // Инновации молодежной науки. Тезисы докладов всероссийской научной конференции молодых ученых / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна – Санкт-Петербург, 2016. – С. 41.