

2015-94

**Национальная академия наук Кыргызской Республики  
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ**

**Министерство образования и науки Кыргызской Республики**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова**

**ЖАЛАЛ-АБАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Диссертационный совет Д. 05.13.010

На правах рукописи  
УДК 621.01

**Рахимова Хамрохон Олимовна**

**СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА  
РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ С СОСТАВНЫМ ВЕДОМЫМ  
ШКИВОМ С УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПРИВОДА  
ШВЕЙНЫХ МАШИН**

05.02.18 – «Теория механизмов и машин»

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

Бишкек - 2015

Работа выполнена в Худжандском политехническом институте Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

**Научный руководитель:** доктор технических наук  
**Мансурова Дилрабо Сайдуллаевна**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Мамасаидов Мухаммаджан Ташалиевич**

кандидат технических наук  
**Абдираимов Абдусамат Акматович**

**Ведущая организация:** **Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина**  
(г. Бишкек, ул. Киевская, 44)

Защита состоится «13» марта 2015 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д. 05.13.010 при Институте машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики, Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова и Жалал-Абадском государственном университете по адресу: Кыргызская Республика, г. Бишкек проспект Мира, 66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, Институт машиноведения НАН КР, диссертационный совет Д. 05.13.010, e-mail: imash\_kg@mail.ru.

Телефон для справок: (0312)54 11 49, факс: (0312) 56 27 85.

Автореферат разослан «9» февраля 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д.05.13.010, к.т.н., с.н.с.

Квитко С.И.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Технологические нагрузки приводят к неравномерным режимам движения рабочих органов машин, ременная передача в приводе амортизирует эти неравномерности и в некоторой степени предохраняет приводной двигатель от перегрузок. Но, в ряде технологических машин, в частности, в швейных машинах, амортизация колебаний нагрузок передачи ремнем является недостаточной. В швейных машинах при высоких скоростных режимах неравномерность вращения главного и нижнего валов, а также вала электродвигателя может привести не только к быстрому выходу из строя привода, но и пропуску стежков, обрыву нитей, снижению производительности машины.

Настоящая работа посвящена разработке новой эффективной ременной передачи с составным ведомым шкивом с упругим элементом, позволяющей значительно уменьшить нагруженность главного и нижнего валов и вала электропривода швейной машины. Поэтому модернизация швейных машин, оснащенных ременными передачами с составными ведомыми шкивами с упругими элементами, а также разработка методов их кинематического и динамического анализа, обоснование параметров является актуальной задачей.

**Связь темы диссертации с крупными научными программами и основными научно-исследовательскими работами.** Диссертация выполнена в соответствии с планами НИР Худжандского политехнического института Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими и Ташкентского института текстильной и легкой промышленности по проектам «Разработка научных основ анализа и синтеза механизмов с переменными параметрами» и «Совершенствование конструкций и разработка методов расчета рабочих органов и механизмов привода технологических машин», выполняемых в 2005–2014 гг.

**Целью работы** является разработка методики кинематического и динамического анализа ременной передачи с составными ведомыми шкивами с упругими элементами швейной машины, обоснование ее параметров и создание конструкции, обеспечивающей высокое качество швейных изделий.

**Задачами исследования** являются:

- на основе анализа конструктивных схем ременных передач разработка новой схемы ременной передачи с составным ведомым шкивом с амортизирующим упругим элементом и упругим натяжным роликом;
- разработка методики кинематического анализа и расчета параметров ременных передач с составными рабочими органами;
- изучение динамики машинного агрегата с ременными передачами с составными ведомыми шкивами в приводе швейной машины с учетом технологических нагрузок и упруго-диссипативных свойств системы;

- анализ результатов экспериментальных исследований по нагруженности главного, нижнего валов и вала электропривода швейной машины;
- анализ результатов производственных испытаний модернизированной швейной машины с ременными передачами с составными ведомыми шкивами в приводе, обоснование параметров системы и выбор марки резины для упругих втулок ведомых шкивов.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. методика кинематического анализа и расчета параметров ременной передачи с составными рабочими органами и упругими элементами;
2. аналитические и графические зависимости угловой скорости и ускорения составного ведомого шкива, передаточного отношения от перемещения и радиуса составного натяжного ролика;
3. методика расчета коэффициента жесткости упругого элемента ведомого шкива ременной передачи с составными рабочими органами;
4. математическая модель агрегата швейной машины, описывающая взаимосвязь рабочих характеристик швейной машины с конструктивными параметрами ременной передачи с составными рабочими органами и упругими элементами;
5. закономерности изменения угловых скоростей, ускорений и крутящих моментов на главном, нижнем валах и на валу электродвигателя от моментов инерций валов, количества слоев стачиваемых материалов и характеристик упругих элементов;
6. экспериментальные зависимости средних значений размаха колебаний величины крутящих моментов на нижнем и главном валах, а также на валу двигателя от жесткости упругих втулок ведомых шкивов ременной передачи и технологических сопротивлений стачиваемых материалов.

**Научная новизна заключается в следующем:**

1. разработанная методика кинематического анализа и расчета ременной передачи отличается от известных тем, что учитывает влияние упругого натяжного ролика составного ведомого шкива на работу швейной машины;
2. аналитические и графические зависимости угловой скорости и ускорения составного ведомого шкива, передаточного отношения учитывает радиус составного натяжного ролика и его перемещение;
3. методика расчета коэффициента жесткости упругого элемента ведомого шкива учитывает конструктивные особенности ременной передачи с составными рабочими органами и упругими элементами;
4. разработанная математическая модель учитывает параметры ременных передач с упругими элементами составных ведомых шкивов, характеристики двигателя, технологические нагрузки в зависимости от количества стачиваемых материалов и переменности передаточного отношения ременной передачи;
5. закономерности изменения угловых скоростей, ускорений и крутящих моментов на главном, нижнем валах и на валу электродвигателя

швейной машины учитывают моменты инерций валов, количество слоев стачиваемых материалов и характеристики упругих элементов;

6. экспериментальные диаграммы средних значений размаха колебаний крутящих моментов на нижнем и главном валах, а также на валу двигателя получены в зависимости от изменения технологических сопротивлений от стачиваемых материалов и жесткости упругих втулок ведомых шкивов ременных передач.

**Практическая значимость работы** заключается в:

- определении рациональных параметров ременной передачи с составными ведомыми шкивами и упругими элементами с целью обеспечения требуемых режимов работы швейной машины и увеличения ее производительности;
- определении рационального значения коэффициента жесткости упругого элемента ведомого шкива ременной передачи и разработке рекомендаций по выбору необходимого материала для упругих втулок, при котором обеспечивается значительное уменьшение колебаний крутящих моментов на валах швейной машины при работе на скоростных режимах;
- разработке новой конструкции ременной передачи с составными ведомыми шкивами с упругими элементами швейной машины;
- разработке рекомендаций по выбору рациональных режимов движения валов швейной машины, позволяющих уменьшить колебания ее элементов до допустимых пределов; а также получить строчку стежков без пропусков на высоких скоростях.

**Экономическая значимость полученных результатов.** При использовании ременных передач с составными ведомыми шкивами с упругими элементами в приводе швейных машин 97 кл. годовой экономический эффект составляет 1936,6 у.е. на 1 машину в ЗАО «Шарифи Худжанди» (Республика Таджикистан).

**Личный вклад соискателя.** Все основные научные результаты исследований получены лично соискателем. Соискателем разработана новая конструкция ременной передачи с составным ведомым шкивом и упругим натяжным роликом. Участие соавторов в научных статьях выражается консультацией и участием в анализе результатов исследований.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на конференциях Таджикского технического университета и Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (ТИТЛП) в 2009–2014 гг.; на международных научно-технических конференциях: на первом международном Джолдасбековском симпозиуме (г. Алматы, 2011 г.), «Текстиль, одежда, обувь, средства индивидуальной защиты в XXI веке» (г. Шахты, ЮРГУЭС, 2011 г.), «Влияние индустриально-инновационной политики на качество образования» (г. Тараз, 2012 г.), «Теория машин и рабочих процессов», посвященной 90-летию акад. О.Д. Алимова, (г. Бишкек, 2013 г.), «Современные

наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (прогресс – 2013) (г. Иваново, 2013 г.); на республиканских НПК «Участие молодых ученых в решении проблемных задач по совершенствованию техники и технологии хлопкоочистительной, текстильной, легкой и полиграфической промышленности» (г. Ташкент 2011 г.), «Инновации и инновационные технологии в производстве и в высшем образовании» (г. Андижан, 2013 г.), «Роль сотрудничества образования, науки и производства в повышении эффективности инновационных разработок» (г. Наманган, 2013 г).

**Публикации.** По результатам выполненных исследований опубликовано 28 научных работ, получен 1 патент Республики Таджикистан и 2 патента Республики Узбекистан.

**Структура и объем работы.** Диссертация представлена в виде рукописи, состоит из введения, 4-х глав, выводов и практических рекомендаций, списка использованной литературы и 9 приложений. Общий объем работы – 208 страниц машинописного текста, в том числе 69 рисунков, 18 таблиц, библиографический список из 86 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность выполненных исследований, дается общая характеристика содержания работы, сформулированы научная новизна, практическая значимость работы.

**В первой главе** приводится анализ известных исследований по совершенствованию конструкций и методов расчета ременных передач технологических машин. Дается подробный анализ конструктивных особенностей и схем ременных передач с переменными передаточными отношениями. Приводится анализ использования ременных передач в приводах швейных машин.

С целью уменьшения пиковых значений колебаний крутящего момента и угловой скорости, а также увеличения скоростных режимов разработаны новые схемы ременных передач с составными шкивами с упругими элементами, которые защищены тремя патентами. На рисунке 1, а представлена схема ременной передачи, которая содержит составные ведущий 1, ведомый 2 шкивы, натяжной ролик 3 и ремень 4. Составной ведущий 1 и ведомый 2 шкивы содержат ободы 5 и 6, многогранные кольцевые упругие элементы (резиновые) 7 и 8 и ступицы 9 и 10, а составной натяжной ролик 3 содержит обод 11, кольцевой упругий элемент 12 и ступицу 13. Грани кольцевого упругого элемента 8 смещены по фазе относительно граней кольцевого упругого элемента 7. На рисунке 1б представлена схема рекомендуемой ременной передачи.

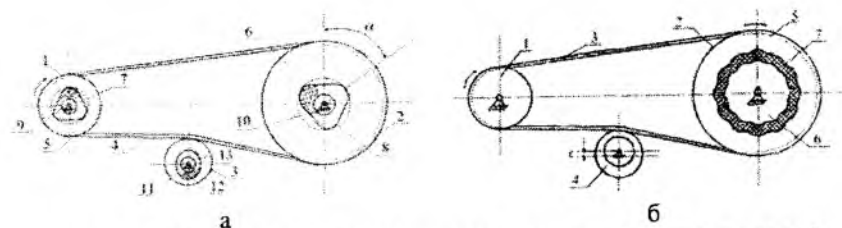


Рисунок 1 – Схема ременной передачи с составными рабочими органами (а) и составным ведомым шкивом (б)

В процессе работы ведущий шкив 1 посредством ремня 3 сообщает вращение ведомому шкиву 2, приводя во вращение натяжной ролик 4. Вращательное движение от обода 5 через кольцевую упругую втулку 7 передается на ступицу 6 жестко связанного с валом ведомого шкива 2. Вал ведомого шкива 2 связан с главным валом швейной машины (на рисунке не показан).

При выполнении технологического процесса на главном валу швейной машины изменяется нагрузка на вал ведомого шкива 2. Эти изменения момента сопротивления передаются на обод 5 через кольцевую упругую втулку 7 и далее на ведущий шкив 1 и на электропривод. При этом пиковые значения момента сопротивления (нагрузки) амортизируются кольцевой упругой втулкой 7. Выбирая необходимые упруго-диссипативные свойства (материал резины) можно управлять степенью амортизации пиковых значений нагрузки. При этом в достаточной степени сглаживается вращательное движение обода 5 ведомого шкива 2. Следует отметить, что в процессе работы из-за изменения натяжения ремня происходит деформация резиновой втулки натяжного ролика 4. Это приводит к выглаживанию натяжения ремня 3, тем самым - к дополнительному снижению пиковых значений моментов и угловых скоростей на валах привода технологических, в частности швейных машин.

**Вторая глава** посвящена кинематическому анализу и расчету параметров ременных передач с составными рабочими органами. В процессе выполнения технологических процессов из-за переменных нагрузок изменяется натяжение ремня в ветвях передачи. Это приводит к циклическому удлинению ветвей ремня, приводящему к изменению угловых скоростей валов шкивов.

Удлинения верхней  $\Delta l_1$  и нижней  $\Delta l_2$  ветвей ременной передачи при угловых колебаниях ведущего 1 и ведомого 2 шкивов определяется как:

$$\Delta l_1 = \frac{D_1 \varphi_1}{2} - \frac{D_2 \varphi_2}{2}; \quad \Delta l_2 = \frac{D_2 \varphi_2}{2} - \frac{D_1 \varphi_1}{2}, \quad (1)$$

где  $D_1, D_2$  – соответственно диаметры ведущего 1 и ведомого 2 шкивов ременной передачи;  $\varphi_1, \varphi_2$  – угловые перемещения шкивов.

Удлинение ветвей  $\Delta l_1$  и  $\Delta l_2$  можно записать через дополнительные напряжения:

$$\Delta l_1 = k_1 \Delta \sigma_1, \quad \Delta l_2 = k_2 \Delta \sigma_2, \quad k_1 = \frac{l}{E} + \frac{R_2}{\mu E} (1 - e^{-\mu \alpha}) \quad (2)$$

где  $l$  – длина ветвей ремня;  $E$  – модуль упругости;  $\mu$  – коэффициент трения между ремнем и шкивом;  $\alpha$  – угол упругого проскальзывания ремня на шкивах;

При этом, используя известную методику, получим выражение для определения частоты колебаний

$$f = \sqrt{R_1 F K \left( \frac{R_1}{J_1} + \frac{R_2}{J_2} \right)}, \quad K = \frac{k_1 + k_2}{K_1 K_2} \quad (3)$$

где  $F$  – поперечное сечение ремня;  $J_1$  и  $J_2$  – моменты инерций ведущего и ведомого шкивов.

При расчетных параметрах передачи имеем  $\Delta l_1 = 2,9$  мм;  $\Delta l_2 = 2,3$  мм. При больших передаточных отношениях ременной передачи удлинение ветвей  $\Delta l_1 > 0$  и  $\Delta l_2 > 0$ , при которых может возникать скольжение (пробуксовывание) ремня по шкивам. Поэтому необходимо выбирать соотношение  $R_1 / R_2$  в таких пределах, чтобы удлинения ветвей ремня были незначительными. Для привода швейной машины передаточное отношение передачи рекомендуется выбрать не более 1,3–1,8.

С изменением натяжений ремня, также изменяется деформация упругой втулки натяжного ролика. Это приводит к уменьшению рабочего радиуса натяжного ролика. Рассмотрим кинематические характеристики ременной передачи с учетом изменения положения точки  $C_1$ , через которую проходит ось натяжного ролика (рис. 2).

Согласно расчетной схеме (рис. 2) и с учетом, что  $U_{1,3} / U_{2,3} = U_{1,2}$ , получим передаточное отношение для ременной передачи с составным натяжным роликом в виде:

$$U_{1,2} = \frac{r_3 \cos(\arctg \gamma_1) + \sqrt{r_3^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2}}{r_3 \cos(\arctg \gamma_2) + \sqrt{r_3^2 (\cos^2 \gamma_2 - 1) + \Delta^2}} \cdot \frac{r_2}{r_1} \quad (4)$$

где  $r_1, r_2, r_3$  – соответственно радиусы ведущего, ведомого шкивов и натяжного ролика.

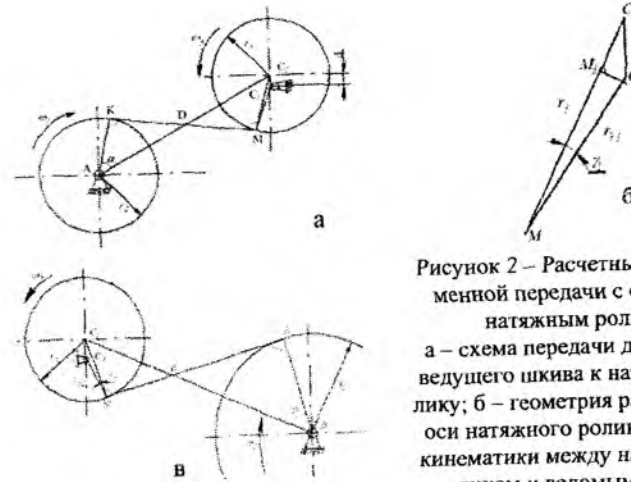
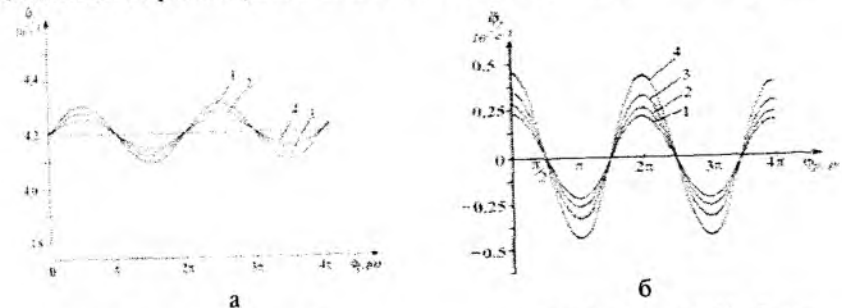


Рисунок 2 – Расчетные схемы ременной передачи с составным натяжным роликом: а – схема передачи движения от ведущего шкива к натяжному ролику; б – геометрия расположения оси натяжного ролика; в – схема кинематики между натяжным роликом и ведомым шкивом

На основе численного решения задачи кинематики ременной передачи получены закономерности изменения угловой скорости (рис. 3а), углового ускорения (рис. 3, б) ведомого шкива, а также построены графические зависимости изменения угловой скорости  $\dot{\varphi}_2$  от величины перемещения  $\Delta$  натяжного ролика (рис. 4). Из них видно, что при  $\Delta = 2,0$  мм, амплитуда колебаний угловой скорости ведомого шкива увеличивается до  $98 \text{ с}^{-1}$  (рис. 3, а). При этом средняя угловая скорость  $\dot{\varphi}_2 = 4,2 \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$ . Максимальное значение угловой скорости  $\varphi_p = \pi/2$ , а минимальное значение  $\varphi_p = 3\pi/2$ . С увеличением радиуса натяжного ролика уменьшается частота колебаний угловой скорости.

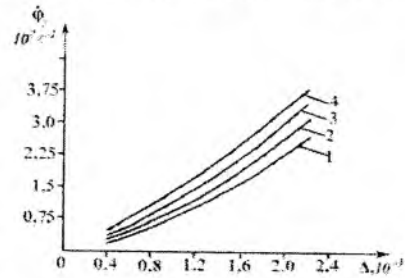


1 –  $\Delta = 0,5$  мм; 2 –  $\Delta = 1,0$  мм;  
3 –  $\Delta = 1,5$  мм; 4 –  $\Delta = 2,0$  мм

1 –  $r_p = 3,0 \cdot 10^{-2}$  м; 2 –  $r_p = 3,5 \cdot 10^{-2}$  м; 3 –  $r_p = 4,0 \cdot 10^{-2}$  м; 4 –  $r_p = 4,5 \cdot 10^{-2}$  м; при  $\Delta = 1,5$  мм

Рисунок 3 – Закономерности изменения угловой скорости ведомого шкива при различной величине деформации  $\Delta$  натяжного ролика (а), закономерности изменения углового ускорения ведомого шкива при различных значениях радиуса натяжного ролика (б)

Увеличение радиуса натяжного ролика приводит к возрастанию перемещения  $\Delta$ , тем самым к увеличению по нелинейной закономерности. Поэтому для того, чтобы изменение радиуса натяжного ролика не влияло на размах колебаний угловой скорости ведомого шкива, необходимым



1 -  $r_p = 3,0 \cdot 10^{-2}$  м; 2 -  $r_p = 3,5 \cdot 10^{-2}$  м; 3 -  $r_p = 4,0 \cdot 10^{-2}$  м; 4 -  $r_p = 4,5 \cdot 10^{-2}$  м.

Рисунок 4 – Зависимость угловой скорости ведомого шкива от величины деформации  $\Delta$  упругого элемента натяжного ролика ременной передачи

считается изменение перемещения  $\Delta$  (деформация упругой втулки) натяжного ролика на соответствующее значение. При перемещении (деформации упругого элемента) натяжного ролика  $\Delta = 2,0$  мм амплитуда колебаний передаточного отношения ременной передачи доходит до 0,045.

В разработанной конструкции ременной передачи ведомый шкив выполнен составным и включает ступицу 1, обод 2 и упругий элемент 3 между ними (рис. 5). Упругий элемент 3, непосредственно связанный с рабочим органом технологической машины, в достаточной степени будет поглощать колебания нагрузки на валу ведомого шкива. В конструкции предусмотрен натяжной ролик с упругой втулкой. За счёт деформации упругой втулки натяжного ролика натяжение ремня будет меняться циклически. Это приводит к циклическому изменению результирующей силы, деформирующей упругий элемент составного ведомого шкива в осевом направлении.

Коэффициент жесткости упругого элемента составного ведомого шкива ременной передачи определяется как:

$$C_p = \frac{1}{\delta_s} \left[ \frac{\omega_1^2 \rho_p \cdot h_p \cdot b_p \cdot \alpha' \cdot R_1^2 \cos \gamma}{g \cos \xi} \left( \frac{e_1 \cos \varphi_1 + \sqrt{R_1^2 - e_1^2 \sin^2 \varphi_1}}{e_1 \cos \varphi_3 + \sqrt{R_1^2 - e_1^2 \sin^2 \varphi_3}} \right) - \frac{P_0}{2 \cos \xi} \left[ \cos \alpha_1 - \cos \left( \arcsin \frac{R_2 + R_1}{O_2 O_1} \frac{\pi}{2} + \arccos \frac{O_2 E^1}{O_2 O_1} \right) \right] - \frac{EF}{(e^{i\omega t} - 1)} \right] \cdot \left[ \cos \alpha_1 + \cos \left( \arcsin \frac{R_2 + R_1}{O_2 O_1} \frac{\pi}{2} + \arccos \frac{O_2 E^1}{O_2 O_1} \right) \right] \quad (5)$$

с увеличением радиуса натяжного ролика от  $3,0 \cdot 10^{-2}$  до  $4,5 \cdot 10^{-2}$  м при  $\Delta = 1,5$  мм амплитуда колебаний угловой скорости ведомого шкива ременной передачи увеличивается от  $0,24 \cdot 10^2 \text{ с}^{-2}$  до  $0,446 \cdot 10^2 \text{ с}^{-2}$ , а при  $\Delta = 2,5$  мм,  $\Delta \varphi_2$  увеличивается от  $0,36 \cdot 10^2$  до  $0,57 \cdot 10^2 \text{ с}^{-2}$ , среднее значение передаточного отношения ременной передачи при этом равно 1,375.

При перемещении (деформации упругого элемента) натяжного ролика  $\Delta = 2,0$  мм амплитуда колебаний передаточного отношения ременной передачи доходит до 0,045.

где  $\xi, \alpha, Q, \gamma$  – углы между соответствующими векторами сил и горизонтальной осью;  $R_2, R_3$  – радиусы ведомого шкива и натяжного ролика;  $f$  – коэффициент трения ремня о поверхность шкивов;  $\alpha$  – угол обхвата ремнем малого шкива;  $\rho_p$  – удельный вес ремня;  $b_p, h_p$  – ширина и толщина ремня;  $\alpha'$  – угол обхвата в ведомом шкиве;  $\varphi_3, \varphi_3'$  – составляющие угла обхвата ремнем натяжной ролик;  $E, F$  – модуль упругости и площадь сечения ремня;  $\alpha_p$  – угол обхвата ремнем ведущий шкив передачи;  $v_p$  – линейная скорость ремня;  $g$  – ускорение силы тяжести.

При исходных расчетных значениях параметров ременной передачи в швейной машине марки 97 кл. расчетное значение крутильной жесткости упругой втулки ведомого шкива составляет  $(3,5 - 4,0) \cdot 10^2 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{рад}$  (резина марки 3820MBCS).

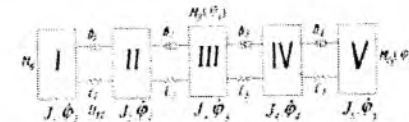


Рисунок 6 – Динамическая модель агрегата швейной машины

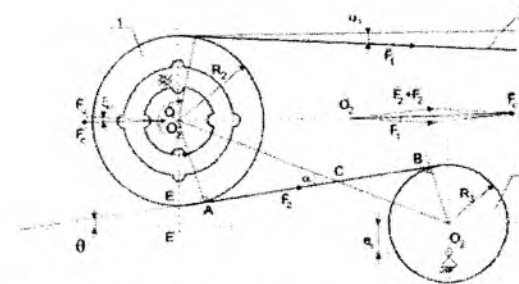


Рисунок 5 – Расчетная схема ременной передачи с составным ведомым шкивом и эксцентричным натяжным роликом

В третьей главе приводятся результаты динамического анализа ременных передач с составными ведомыми шкивами с упругими элементами в приводе швейной машины.

Швейные машины имеют различные назначения и имеют ряд классов. Большинство швейных машин имеют привод, в которых от электродвигателя вращательное движение передается через ременную передачу, а движение от главного вала к нижнему валу передается через зубчатую ременную передачу с передаточным отношением равным единице. Следует отметить, что от главного вала движение получают механизмы игловодителя, нитепритягивателя и моталки. Через нижний вал движение получают, в основном, челнок и механизм перемещения материала. При этом как на главном

менную передачу с передаточным отношением равным единице. Следует отметить, что от главного вала движение получают механизмы игловодителя, нитепритягивателя и моталки. Через нижний вал движение получают, в основном, челнок и механизм перемещения материала. При этом как на главном

валу, так и на нижнем валу крутящий момент имеет сложный характер в виду переменности нагрузки от соответствующих механизмов швейной машины. При составлении динамической и математической модели движения машинного агрегата швейной машины, приведенные моменты инерции главного и нижнего вала, принимали постоянными. С целью снижения пиковых значений колебаний моментов и скоростей валов швейной машины, а также уменьшения нагрузки на электропривод, в приводе системы использовали ременные передачи с составными ведомыми шкивами. В ременной передаче от электродвигателя к главному валу использован натяжной ролик с упругим элементом, который позволяет в некоторый степени сглаживать колебания моментов и скоростей на валу ротора двигателя. При этом за счет деформации упругого элемента натяжного ролика ременной передачи и переменных нагрузках изменяется передаточное отношение передачи. На рисунке 6 представлена расчетная схема машинного агрегата с приводными механизмами швейной машины.

Используя уравнения Лагранжа второго рода, получена система уравнений движения машинного агрегата швейной машины:

$$\begin{aligned} \frac{dM_{\Sigma}}{dt} &= \frac{2M_k \omega_c}{\omega_0} \left( a_0 - \frac{d\varphi_1}{dt} \right) - \omega_c S_k M_{\Sigma} \\ (J_{1n} + J_{1w}) \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} &= M_{\Sigma} \left[ \varphi_1 - \frac{r_1 \cos(\arctg \gamma_1) + \sqrt{r_1^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2}}{r_1} \cdot \frac{r_2}{r_1} \varphi_2 \right] \\ &\left\{ \frac{r_2 \left[ 2r_1 \sin(\arctg \gamma_1) \sqrt{r_1^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2} - r_1^2 \cos^2 \gamma_1 \right]}{2r_1 \left[ r_1 \cos(\arctg \gamma_2) + \sqrt{r_1^2 (\cos^2 \gamma_2 - 1) + \Delta^2} \right]} \cdot \frac{(\Delta r_1 \cos^2 \varphi_1 r_2 + r_1 r_2 \cos 2\varphi_1 r_1)}{\sqrt{r_1^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2} \cdot (\Delta^2 + 2\Delta r_1 \cos \varphi_1 r_1 + r_1^2)} \right\} + \\ &+ \vartheta \left[ \frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{r_1 \cos(\arctg \gamma_1) + \sqrt{r_1^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2}}{r_1} \cdot \frac{r_2}{r_1} \frac{d\varphi_2}{dt} \right] \\ J_{2n} \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} &= C_1 \left[ \varphi_1 - \frac{r_3 \cos(\arctg \gamma_1) + \sqrt{r_3^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2}}{r_3} \cdot \frac{r_2}{r_1} \varphi_2 \right] \times \\ &\times \left[ \frac{r_2 \left[ r_3 \cos(\arctg \gamma_1) + \sqrt{r_3^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2} \right]}{r_1 \left[ r_3 \cos(\arctg \gamma_2) + \sqrt{r_3^2 (\cos^2 \gamma_2 - 1) + \Delta^2} \right]} \cdot \frac{r_2 \sin(\arctg \gamma_2) (\Delta r_3 \cos^2 \varphi_2 r_2 + r_1 r_2 \cos 2\varphi_2 r_1)}{\Delta^2 + 2\Delta r_3 \cos \varphi_2 r_3 + r_3^2} \right] \\ &\frac{r_1^2 \sin 2\gamma_2 (\Delta r_3 \cos^2 \varphi_2 r_2 - r_1 r_2 \cos 2\varphi_2 r_1)}{2(\Delta + r_3 \cos \varphi_2 r_3) \sqrt{r_3^2 (\cos^2 \gamma_2 - 1) + \Delta^2}} \left. \right\} \cdot \varphi_2 + \vartheta \left[ \frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{r_3 \cos(\arctg \gamma_1) + \sqrt{r_3^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2}}{r_3} \cdot \frac{r_2}{r_1} \frac{d\varphi_2}{dt} \right] \\ &\left( \frac{r_1 \cos(\arctg \gamma_1) + \sqrt{r_1^2 (\cos^2 \gamma_1 - 1) + \Delta^2}}{r_1} \cdot \frac{r_2}{r_1} \right) - C_3 (\varphi_2 - U_{2,3} \varphi_3) - \vartheta_3 \left( \frac{d\varphi_2}{dt} - U_{2,3} \frac{d\varphi_3}{dt} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (J_{3k} + J_{3n} + J_{3c} + J_{3H} + J_{3w}) \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} &= U_{2,3} C_2 (\varphi_2 - U_{2,3} \varphi_3) + U_{2,3} \vartheta_3 \left( \frac{d\varphi_2}{dt} - U_{2,3} \frac{d\varphi_3}{dt} \right) - \\ &- C_3 (\varphi_3 - U_{3,4} \varphi_4) - \vartheta_3 \left( \frac{d\varphi_3}{dt} - U_{3,4} \frac{d\varphi_4}{dt} \right) - M_{3c}, \\ J_{4,0} \frac{d^2 \varphi_4}{dt^2} &= U_{3,4} C_3 (\varphi_3 - U_{3,4} \varphi_4) + U_{3,4} \left( \frac{d\varphi_3}{dt} - U_{3,4} \frac{d\varphi_4}{dt} \right) - C_4 (\varphi_4 - U_{4,5} \varphi_5) - \vartheta_4 \left( \frac{d\varphi_4}{dt} - U_{4,5} \frac{d\varphi_5}{dt} \right), \\ (J_{5c} + J_{5n} + J_{5m} + J_{5r} + J_{5m}) \frac{d^2 \varphi_5}{dt^2} &= U_{4,5} C_4 (\varphi_4 - U_{4,5} \varphi_5) + U_{4,5} \vartheta_4 \left( \frac{d\varphi_4}{dt} - U_{4,5} \frac{d\varphi_5}{dt} \right) - M_{c5} \end{aligned} \quad (6)$$

где  $M_k, M_k$  – движущий момент двигателя и его критическое значение;  $S_k$  – критическое значение скольжения;  $\varphi_1$  – угловое перемещение ротора электродвигателя;  $\omega_c$  – угловая частота сети;  $\omega_0$  – угловая скорость ротора в идеальном холостом ходе;  $t$  – время;  $J_{1p}$  – момент инерции ротора электродвигателя;  $J_{1w}$  – момент инерции ведущего шкива ременной передачи;  $J_2 = J_{2,0}$  – момент инерции обода ведомого шкива ременной передачи от двигателя к главному валу;  $J_4 = J_{4,0}$  – момент инерции обода ведомого шкива зубчатой ременной передачи от главного вала к нижнему валу швейной машины;  $J_{3c}$  – момент инерции ступицы ведомого шкива;  $J_{3n}$  – момент инерции главного вала швейной машины;  $J_{3k}$  – приведенный момент инерции механизма иглы;  $J_{3H}$  – приведенный момент инерции нитепротягивателя;  $J_{3w}$  – момент инерции ведущего шкива зубчатой ременной передачи;  $J_{5c}$  – момент инерции ступицы ведомого шкива зубчатой ременной передачи;  $J_{5n}$  – момент инерции нижнего вала;  $J_{5m}$  – приведенный момент инерции механизма перемещения материала;  $J_{5r}$  – приведенный момент инерции звеньев механизма (челнока);  $J_{5m}$  – приведенный суммарный момент инерции звеньев механизма толкателя нижней нити.

Решение задачи осуществляли при расчетных значениях параметров машинного агрегата. Следует отметить, что моменты сопротивлений на главном и нижнем валах получены при аппроксимации экспериментально полученных значений. Решение произвели с учетом следующих начальных условий при  $t = 0$ ;  $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \varphi_5 = 0$ ;  $\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_4 = \dot{\varphi}_5 = 0$ ;  $M_n = 1,2$  Н м,  $M_{3c} = M_{c5} = 0$ .

С учетом исходных значений параметров машинного агрегата швейной машины с ременными передачами с составными ведомыми шкивами на основе численного решения задачи получены закономерности изменения угловых скоростей, ускорений и крутящих моментов на валах. Из анализа полученных закономерностей движения масс машинного агрегата выявлено, что система выходит на установившийся режим движения за 0,049 с. При этом известно, что с увеличением моментов инерций рабочих органов швейной машины выход на установившийся режим затягивается. Из полученных графических закономерностей установлено, что угловые скорости и крутящие моменты на валах колеблются

с определенной частотой. При этом низкочастотные колебания возникают от сопротивлений в механизме иглы, перемещения материала, нитепротягивателя и др., а низкочастотные составляющие возникают из-за неоднородности сшиваемых материалов при прокалывании материала иглой, затягивания нити, перемещении материала и др. Средняя угловая скорость нижнего вала швейной машины составляет 216 рад/с, а крутящий момент на этом валу  $1,98 \pm 2,05$  Н·м. При этом частота колебаний скорости и крутящего момента составляет 35,7 Гц. Размах колебаний угловой скорости нижнего вала швейной машины  $10 \div 12$  рад/с, а размах колебаний углового ускорения составляет  $110 \div 150$  рад/с<sup>2</sup>. Размах колебаний крутящего момента на нижнем валу  $\Delta M_5 = 0,25 \pm 0,30$  Н·м.

Закономерности изменения угловой скорости и крутящего момента на главном валу швейной машины получились несколько измененными. Это объясняется тем, что от главного вала получают движение механизмы иглы и нитепротягивателя, на которые действующее технологическое сопротивление  $M_3^c$  изменяется с определенной закономерностью. Зубчатая ременная передача от главного вала к нижнему валу швейной машины в некоторой степени сглаживает движение. Но дополнительные нагрузки на главном валу приводят к дополнительным колебаниям скорости и крутящего момента. С целью уменьшения пиковых нагрузок, передаваемых в электродвигатель швейной машины, в ускорительной ременной передаче использован составной натяжной ролик с упругим элементом, а ведомый шкив также выполнен составным с упругой резиновой втулкой. При этом,  $\Delta \dot{\varphi}_2 = 6,5 - 7,5$  рад/с,  $\Delta M_2 = 0,2 - 0,25$  Н·м,  $\Delta \ddot{\varphi}_2 = 57 - 66$  рад/с<sup>2</sup>. Средние значения угловой скорости и момента на ведущем валу ременной передачи будут  $\dot{\varphi}_1 = 298 - 301$  рад/с,  $M_0 = 1,24 - 1,26$  Н·м, а размахи колебаний  $\dot{\varphi}_1 = 8 - 12$  рад/с,  $\Delta M_0 = 0,15 - 0,18$  Н·м,  $\Delta \dot{\varphi}_1 = 36 - 44$  рад/с<sup>2</sup>. Для увеличения скоростного режима стачивания материалов при использовании рекомендуемых ременных передач с составными ведомыми шкивами получены численные решения и для  $N = 0,52$  кВт,  $n = 4600$  мин<sup>-1</sup>,  $\omega_2 = 418,6$  с<sup>-1</sup>,  $U_{12} = 1,15$ ,  $f = 50$  Гц.

Анализом полученных закономерностей движения валов швейной машины при увеличении частоты вращения главного вала выявлено, что характер движения валов мало изменился относительно частоты вращения главного вала, равной 216 с<sup>-1</sup>. Но явно выделяется некоторое увеличение амплитуды колебаний угловой скорости, ускорения и крутящего момента ротора двигателя, обода составного ведомого шкива ременной передачи, главного вала, ступицы составного шкива зубчатой ременной передачи и нижнего вала швейной машины. Это объясняется тем, что увеличивается скорость движения за счет инерционности системы и наличия упруго-диссипативных свойств ремней и упругих втулок составных ведомых шкивов передачи швейной машины. Поэтому для уменьше-

ния амплитуды колебаний, как отмечалось выше, необходимо увеличить момент инерции соответствующей массы привода швейной машины.

Так, для уменьшения  $\Delta \dot{\varphi}_5$  и  $\Delta M_5$  необходимо увеличивать  $J_5$  нежели  $J_4$ , а для уменьшения  $\Delta M_3$  и  $\Delta \dot{\varphi}_3$  целесообразным считается увеличение  $J_3$  нежели  $J_2$ . При увеличении  $J_4$  от  $2,0 \cdot 10^{-5}$  до  $9,2 \cdot 10^{-5}$  кг·м<sup>2</sup> размах колебаний угловой скорости нижнего вала швейной машины уменьшается с 13,6 до 7,8 с<sup>-1</sup>, а размах момента  $\Delta M_5$  снижается от 0,365 до 0,225 Н·м. С увеличением момента инерции нижнего вала швейной машины от  $2,5 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup> до  $11,28 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup> размах колебаний  $\Delta \dot{\varphi}_3$  снижается от 11,8 с<sup>-1</sup> до 5,2 с<sup>-1</sup>, а размах колебаний момента на этом же валу  $\Delta M_5$  уменьшается от 0,322 Н·м до 0,261 Н·м.

Поэтому важным является изучение закономерностей изменения размаха колебаний  $\Delta M_0$  и  $\Delta \dot{\varphi}_1$  от вариации  $J_1$  и  $J_2$  (рис. 7, а). Анализ полученных графических закономерностей показывает, что снижение размаха колебаний угловой скорости и момента на валу двигателя с увеличением моментов инерций  $J_1$  и  $J_2$  мало отличаются друг от друга. Для обеспечения размаха колебаний  $\Delta \dot{\varphi}_5 \leq 10,0$  с<sup>-1</sup>;  $\Delta \dot{\varphi}_3 \leq 8,0$  с<sup>-1</sup>;  $\Delta \dot{\varphi}_1 \leq 20 - 30$  с<sup>-1</sup> рекомендуемыми значениями приведенных моментов инерций системы являются:  $J_1 = 0,011 \cdot 10^{-3}$  кг·м<sup>2</sup>,  $J_2 = (0,12 \div 0,13) \cdot 10^{-3}$  кг·м<sup>2</sup>,  $J_3 = (0,35 \div 0,42) \cdot 10^{-3}$  кг·м<sup>2</sup>,  $J_4 = (0,04 \div 0,045) \cdot 10^{-3}$  кг·м<sup>2</sup>,  $J_5 = (0,52 \div 0,64) \cdot 10^{-3}$  кг·м<sup>2</sup>.

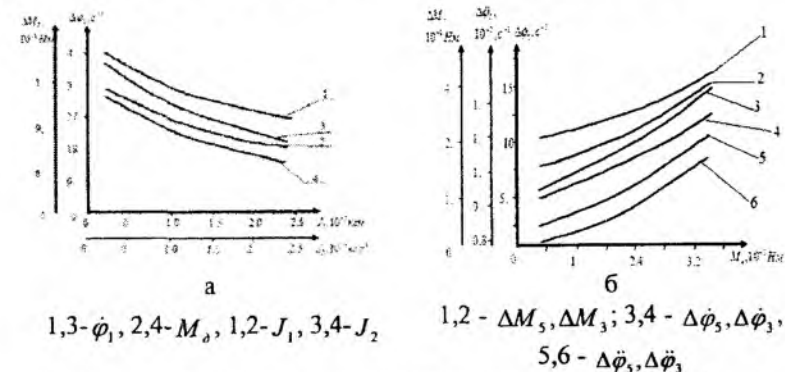


Рисунок 7 – Графические зависимости изменения размаха колебаний угловой скорости и момента на валу электродвигателя швейной машины в функции моментов инерции  $J_1$  и  $J_2$  (а) и графические закономерности изменения размаха колебаний угловой скорости, углового ускорения и момента на главном и нижнем валах швейной машины от изменения нагрузки от стачиваемых материалов (б)



Моменты сопротивления от сшиваемых материалов учитываются в виде случайных нагрузок, математические ожидания которых учитывают слой стачиваемых материалов. На рисунке 7, б представлены графические зависимости изменения размаха колебаний угловых скоростей, угловых ускорений и крутящих моментов на главном и нижнем валах при вариации значений технологических сопротивлений от стачиваемых материалов. При этом значения сопротивления  $0,15 \text{ Н}\cdot\text{м}$  соответствуют сопротивлению при стачивании двухслойного материала,  $0,24 \text{ Н}\cdot\text{м}$  при стачивании трехслойного и  $0,32 \text{ Н}\cdot\text{м}$  – четырехслойного материалов. При увеличении жесткости упругой втулки ведомого шкива зубчатой ременной передачи уменьшается, и нижний вал с ведомым шкивом становится как бы единым, что приводит к уменьшению амплитуды колебаний  $\dot{\phi}_5$ ,  $\ddot{\phi}_5$  и  $M_5$ . Соответственно увеличение жесткости упругой втулки ведомого шкива ременной передачи приводит также к снижению размаха колебаний скорости, ускорения и момента на главном валу швейной машины.

Для обеспечения размаха колебаний меньше чем  $\Delta\dot{\phi}_3 = 60\text{--}70 \text{ с}^{-1}$  и  $\Delta\ddot{\phi}_3 = 55\text{--}65 \text{ с}^{-1}$  рекомендуемыми значениями жесткостей упругих втулок ведомых шкивов ременных передач швейной машины считаются  $C_2 = 195\text{--}215 \text{ Н}\cdot\text{м/рад}$ ,  $C_4 = 190\text{--}205 \text{ Н}\cdot\text{м/рад}$ .

**Четвертая глава** посвящена результатам экспериментальных исследований ременных передач с составными ведомыми шкивами с упругими втулками, а также технологическим показателям швейной машины при использовании рекомендуемых ременных передач.

Основной целью экспериментальных исследований является определение скоростных и нагрузочных характеристик на валах ведущего и ведомого шкивов рекомендуемой ременной передачи. Эксперименты проводили при различных упруго-диссипативных характеристиках упругих втулок (марки резины: ТИРП 12-46, 1338МВМС, 3820, 7В-10МВС) ведомых шкивов. Экспериментальные исследования проводились на специальном стенде, разработанном и изготовленном в лаборатории Худжандского политехнического института Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими, который содержит швейную машину 97 кл., электротензометрическое оборудование, измерительные и записывающие устройства.

Для получения различных скоростных режимов использовали асинхронные электродвигатели с соответствующими характеристиками. Также использован электропривод постоянного тока типа ПН-5. Скоростной режим регулируется в диапазоне частоты вращения главного вала от 0 до  $4500 \text{ мин}^{-1}$  с помощью РАТР. Экспериментами была проверена эффективность использования упругих втулок в ведомых шкивах ременных передач в швейной машине. Для измерения крутящего момента на валу электродвигателя, главном и нижнем валах наклеивались тензорезисторы марки 2 ФКРГ-10-200.

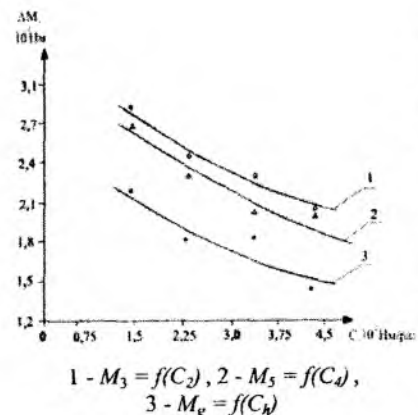


Рисунок 8 – Зависимость среднего значения размаха колебаний крутящих моментов на главном, нижнем валах, и на валу электродвигателя от коэффициента жесткости упругих втулок ведомых шкивов

Результаты экспериментов показали, что использование упругих втулок из марки резины 3820МВМС в составных ведомых шкивах ременных передач позволяет снизить амплитуду колебаний крутящего момента на валу электродвигателя в 1,35–1,54 раза. Это объясняется тем, что колебания крутящего момента поглощаются упругими втулками в достаточной степени. Размах колебаний крутящего момента на нижнем валу при использовании марки резины ТИРП13-46 доходит до  $0,41\text{--}0,45 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , а при использовании марки резины 1338 с более жесткой характеристикой до  $0,27\text{--}0,33 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . При использовании резины марки 1338 размах колебаний крутящих моментов на нижнем валу находится в пределах  $(14,12\text{--}39,48) \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$ , на главном валу –  $(14,95\text{--}39,31) \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$ , а на валу электродвигателя  $(10,86\text{--}29,03) \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$  (рис. 8). При этом разница между минимальным и максимальным значениями  $\Delta M_5$  доходит до  $25,36 \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$ , для  $\Delta M_3$  доходит до  $24,36 \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$  и для  $\Delta M_8$  снижается до  $18,17 \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Наиболее подходящим для уменьшения пиковых значений колебаний крутящих моментов на нижнем и главном валах, а также на валу электродвигателя швейной машины является использование упругих втулок составных ведомых шкивов ременных передач из марки резины 3820 МВМС с крутильной жесткостью  $(240\text{--}350) \text{ Н}\cdot\text{м/рад}$ . На основе обработки экспериментальных данных были получены графические зависимости изменения средних значений размаха колебаний крутящих моментов на главном и нижних валах, а также на валу электродвигателя при использовании различных марок резины для упругих втулок ведомых шкивов. С увеличением количества слоев стачиваемых материалов разница между размахами колебаний момента увеличивается почти в два раза. Поэтому целесообразным является выбор крутильных жесткостей упругих втулок ведомых шкивов ременных передач швейной машины в пределах  $250\text{--}350 \text{ Н}\cdot\text{м/рад}$ , что соответствует марке резины 3820 МВМС. Рекомендуемые значения  $C_2$  и  $C_4$  и полученные экспериментальные зависимости в достаточной степени совпадают с результатами теоретических исследований, разница составляет 10–12 %, что считается приемлемым для инженерных расчетов для рассматриваемого класса швейных машин.

Увеличение крутильной жесткости упругих втулок приводит к уменьшению  $\Delta\dot{\varphi}_1$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_3$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_5$  по нелинейной закономерности. Так при крутильной жесткости упругих втулок 140–165 Н·м/рад (марка резины 7ИРП 12-46), размах колебаний  $\Delta\dot{\varphi}_3=0,82 \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_5=0,73 \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_1=0,39 \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ , а при крутильной жесткости от 350 до 460 Н·м/рад размах колебаний  $\Delta\dot{\varphi}_3=0,385 \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_5=0,29 \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_1=0,19 \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ . С увеличением крутильной жесткости упругих втулок разница между  $\Delta\dot{\varphi}_3$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_5$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_1$  изменяется незначительно. При рекомендуемой марке резины 3820 MBCS обес­печивается  $\Delta\dot{\varphi}_3 \leq (0,4 \div 0,45) \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_5 \leq (0,4 \div 0,42) \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ ,  $\Delta\dot{\varphi}_1 \leq (0,18 \div 0,25) \cdot 10^2 \text{ c}^{-1}$ .

С целью определения эффективности использования ременных передач с ведомыми шкивами с упругими амортизаторами в приводе швейной машины 97 кл. модернизирована существующая швейная машина и проведены производственные испытания по сравнению с существующей швейной машиной в производственных условиях ЗАО «Шарифи Худжанди» (г. Худжанд). Испытаниями установлено, что использование рекомендуемых ременных передач в приводе швейной машины позволило по сравнению с существующей машиной: уменьшить неравномерность вращения главного вала на 30–35 %, снизить вибрации и шум в работе швейной машины; увеличить скоростной режим на 15 % –20 % (5000–6000 об/мин главного вала), тем самым увеличить производительность машины на 20 %; снизить пропуски стежков и обрыв нити в 1,5 раза (за счет уменьшения неравномерности вращения главного вала, путем использования составного ведомого шкива с упругим элементом).

На основе внедрения ременных передач с упругой втулкой в ведомых шкивах в швейной машине годовой экономической эффект в ЗАО «Шарифи Худжанди» (Таджикистан) составляет 9874,6 сомони.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате выполненных исследований решена актуальная задача создания новой ременной передачи и разработки методов ее расчета. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработаны новые схемы ременных передач с составными шкивами и упругими элементами, позволяющие не только расширить кинематические возможности, но и сгладить скоростные режимы движения шкивов передачи.

2. На основе анализа свободных крутильных колебаний шкивов ременной передачи получены значения удлинений ведущей и ведомой ветвей ременной передачи. Выявлено, что для обеспечения необходимой длины ремня передаточное отношение передачи не должно превышать 1,2–1,8 для привода швейной машины.

3. Получены кинематические характеристики ременной передачи с составным натяжным роликом с упругим элементом. Получена зависимость для определения передаточного отношения и угловой скорости ведомого шкива ременной передачи. Выявлено, что для уменьшения размаха колебаний угловой скорости и углового ускорения рекомендуется выбрать  $\Delta \leq 1,5 - 2,0$  мм (деформация упругой втулки).

4. Установлены закономерности колебаний ремня при взаимодействии с составным натяжным роликом, учитывающие деформацию упругой втулки.

5. Получена зависимость для расчета коэффициента жесткости упругого элемента ведомого шкива ременной передачи. Для привода швейной машины рекомендуемыми значениями коэффициента жесткости являются  $(3,5-4,0) \cdot 10^2$  Н·м/рад (марка резины 3820 MBCS). Получены выражения для определения коэффициента жесткости упругой втулки составного натяжного ролика ременной передачи. Рекомендуемыми параметрами являются:  $(\alpha_3^1 + \alpha_3^{11}) = 1,1 \div 1,3$  рад;  $R_3 = (2,5 \div 3,5) \cdot 10^{-2}$  м;  $c = (4,1 \div 5,3) 10^{-2}$  Н/м.

6. На основе численного решения динамической модели привода швейной машины численным методом в среде MathCAD получены зависимости угловых скоростей и крутящих моментов от моментов инерций валов, различного количества слоев стачиваемых материалов, характеристик упругих элементов и среднего значения частоты вращения. Получены зависимости изменения размаха колебаний угловых скоростей, крутящего момента на главном, нижнем валах, обода ведомого шкива ускоряющей ременной передачи, ступицы ведомого шкива зубчатой ременной передачи и вала ротора электродвигателя от изменения моментов инерций валов привода швейной машины, от технологической нагрузки (слоя стачиваемых материалов). Установлены рекомендуемые значения приведенных моментов инерций валов швейной машины.

7. Установлено, что с увеличением коэффициента жесткости упругих втулок ведомых шкивов уменьшаются амплитуды колебаний угловых скоростей, угловых ускорений и крутящих моментов главного и нижнего валов швейной машины по нелинейной закономерности. Выявлены рекомендуемые значения коэффициентов жесткостей упругих втулок ведомых шкивов ременных передач:

8. На основе экспериментальных исследований методом тензометрирования получены закономерности изменения крутящих моментов на главном и нижнем валах, а также на валу электродвигателя швейной машины при использовании различных марок резин в качестве упругих втулок в составных ведомых шкивах передач привода при стачивании различных слоев материалов. Установлено, что увеличение крутильной жесткости упругих втулок ведомых шкивов ременных передач приводит к уменьшению размаха колебаний крутящих моментов

и угловых скоростей по нелинейной закономерности. Разница между результатами теоретических и экспериментальных исследований составляет 10–12 %. В качестве упругих втулок ведомых шкивов ременных передач привода швейной машины наиболее приемлемым является использование марки резины 3820MBCS с крутильной жесткостью 240–310 Н/рад.

9. Выявлено, что с увеличением количества слоев стачиваемых материалов крутящие моменты на валах возрастают. Рекомендуется стачивание материалов до четырех слоев, при которых обеспечивается  $\Delta M_5 \leq 0,08 \div 0,22$  Н·м,  $\Delta M_3 \leq 0,09 \div 0,26$  Н·м,  $\Delta M_g \leq 0,04 \div 0,1$  Н·м.

10. Сравнительными испытаниями установлено, что использование рекомендуемых ременных передач в приводе швейной машины позволило по сравнению с существующей машиной уменьшить неравномерность вращения главного вала на 30–35 %, снизить вибрации и шум в работе швейной машины, увеличить скоростной режим на 15%–20 % (5000–6000 об/мин главного вала), тем самым увеличить производительность машины на 20 %, снижение пропусков стежков и обрыва нити в 1,5 раза (за счет уменьшения неравномерности вращения главного вала, путем использования составного ведомого шкива с упругим элементом из резины марки 3820MBCS).

На основе внедрения ременных передач с упругой втулкой в ведомых шкивах в швейной машине годовой экономической эффект в ЗАО «Шарифи Худжанди» (Таджикистан) составляет 1936,6 у.е. на 1 машину.

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Рахимова, Х.О. Ременная передача с составным ведомым шкивом и натяжным устройством. [Текст] / Х.О. Рахимова // Известия вузов. – 2010. – № 9. – С. 18–19.

2. Рахимова, Х.О. Конструкция механизма петлителя новой швейной машины двухниточного цепного стежка. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова // Современные научные труды молодых учёных посвященная 20-летию независимости Республики Казахстан: межд. НПК молодых ученых. – Шымкент, 2011. Т. 1. – С. 27–29.

3. Рахимова, Х.О. Швейная машина с вращающимися рабочими органами петлителя и нитепритягивателя. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова, З.М. Умарова // Современные научные труды молодых учёных посвященная 20-летию независимости Республики Казахстан: межд. НПК молодых ученых. – Шымкент, 2011. – С. 19–23.

4. Рахимова, Х.О. Новая конструкция ременной передачи с составным ведомым шкивом привода швейной машины. [Текст] /

Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова // Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствование технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ: V межд. НПК, посвященная 20-летию независимости Республики Таджикистан и 55-летию ТТУ. – Душанбе, 2011. часть 1. – С. 435–437.

5. Рахимова, Х.О. Ременная передача с составными шкивами и упругими элементами. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова // Современные научные исследования молодых ученых: межд. НПК молодых ученых посвященная 20-летию независимости Республики Казахстан. – Шымкент, 2011, Т. 1. – С. 168–170.

6. Рахимова, Х.О. Машинный агрегат с новым механизмом перемещения материала в швейных машинах. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, Д.С. Мансурова // Современные научные исследования молодых ученых: межд. НПК молодых ученых посвященная 20-летию независимости Республики Казахстан. – Шымкент, 2011. Т. 1. – С. 171–176.

7. Рахимова, Х.О. Ременная передача с составными шкивами и натяжным роликом. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, С.М. Элмонов // Участие молодых ученых в решении проблемных задач по совершенствованию техники и технологии хлопкоочистительной, текстильной, легкой и полиграфической промышленности: тез. РНПК молодых ученых и студентов. – Ташкент, 2011. – С. 73.

8. Рахимова, Х.О. Эффективная конструкция ременной передачи с составным шкивом. [Текст] / Х.О. Рахимова, А. Джураев, Д.С. Мансурова, С. Элмонов, В.М. Турдалиев // Текстиль, одежда, обувь, средства индивидуальной защиты в XXI веке: II-я межд. НПК. – Ростов-на-Дону, ФГБОУВПО «ЮРГУЭС», 2011. – С. 167–170.

9. Рахимова, Х.О. Ременная передача с ведомым составным шкивом. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, Д.С. Мансурова, С. Элмонов // Тезисы докладов первого международного Джолдасбековского симпозиума. – Алматы, 2011. – С. 52–53.

10. Рахимова, Х.О. Эффективная конструкция ременной передачи с составным ведомым шкивом привода швейной машины. [Текст] / Х.О. Рахимова // Наука и новые технологии, 2011. – № 9. – С. 17–18.

11. Рахимова, Х.О. Ременная передача. [Текст] / [Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, Д.С. Мансурова и др.] // Патент Республики Узбекистан, 2012. – № FAP00734. – Бюлл. № 6.

12. Рахимова, Х.О. Ременная передача с расширенными кинематическими возможностями. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности: межд. НПК (Текстиль-2012). – Москва, 2012. – С. 159–160.

13. Рахимова, Х.О. Совершенствование технологии швейных машин двухниточного цепного стежка. [Текст] / Х.О. Рахимова,

Д.С. Мансурова // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности: межд. НПК (Текстиль-2012). – Москва, 2012. – С. 178–179.

14. **Рахимова, Х.О.** Влияние параметров ременной передачи на деформационные характеристики упругого элемента составного ведомого шкива. [Текст] / Х.О. Рахимова // Известия вузов, 2012. – № 6. – С. 77–80.

15. **Рахимова, Х.О.** Анализ колебаний ведомой ветви ремня при взаимодействии с составным эксцентричным натяжным роликом передачи. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова, А.Д. Джураев // Наука и новые технологии, 2012. – № 7. – С. 27–30.

16. **Рахимова, Х.О.** Колебания ведомой ветви ремня при переменном его натяжении. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, Д.С. Мансурова, Д.А. Маматова // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс - 2013): сб. матер. межд. НПК. – Иваново, 2013. – Часть 2. – С. 127–128.

17. **Рахимова, Х.О.** Ременная передача. [Текст] / [Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, Р. Максудов и др.] // Патент. Республики Узбекистан, 2013. – № FAP00813. – Булл. № 5.

18. **Рахимова, Х.О.** Определение жесткости упругой втулки составного натяжного ролика. [Текст] / Х.О. Рахимова, В. Турдалиев // Инновации и инновационные исследования в высшем образовании и производстве: Материалы РНПК. – Андижан, 2013. – С. 242–244.

19. **Рахимова, Х.О.** Ременная передача с центрирующим упругим натяжным роликом. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова, Ш.Ш. Шухратов, А.Д. Джураев // Роль сотрудничества образование науки и производства в повышении эффективности инновационных разработок: Труды НПК. – Наманган, 2013. – С. 19–21.

20. **Рахимова, Х.О.** Определение жесткости упругой втулки ведомого шкива ременной передачи. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова, А.Д. Джураев // Рахматуллинские-Ормонбековские чтения: Труды НПК. – Бишкек, 2013. – С. 158–161.

21. **Рахимова, Х.О.** Влияние технологической нагрузки на динамику движения главного и нижнего валов в швейных машинах [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, Д.С. Мансурова // Проблемы механики, Ташкент: Наука и технология, 2014. – № 1. – С. 30–34.

22. **Рахимова, Х.О.** Кинематические характеристики ременной передачи при переменном натяжении ремня. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, В. Турдалиев // Проблемы механики, Ташкент: Наука и технология, 2014. – № 1. – С. 64–66.

23. **Рахимова, Х.О.** Разработка ременной передачи с амортизирующим шкивом. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, Д.А. Маматова, С. Назаров // Роль сотрудничества образования, науки и производства в повышении эффективности инновационных разработок: Труды НПК. – Наманган, 2013. – С. 21–23.

24. **Рахимова, Х.О.** Совершенствование привода швейных машин. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова, М.А. Мансурова, А. Джураев // Современные инструментальные системы информационные технологии и инновации: сб. науч. тр. XI-ой межд. НПК. – Курск, 2014. – Т. 3. – С. 335–338.

25. **Рахимова, Х.О.** Гармонический анализ крутящих моментов на главном и нижнем валах швейной машины. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова, М.А. Мансурова, В. Турдалиев // Современные инструментальные системы информационные технологии и инновации: сб. науч. тр. XI-ой межд. НПК. – Курск, 2014. – Т. 3. – С. 63–65.

26. **Рахимова, Х.О.** Кинематические характеристики ременной передачи при переменном натяжении ремня. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, В. Турдалиев // Проблемы механики, Ташкент: Наука и технология, 2014. – № 1. – С. 64–66.

27. **Рахимова, Х.О.** Влияние нагрузки от стачиваемых материалов на характер изменения колебаний момента и угловой скорости. [Текст] / Х.О. Рахимова, Д.С. Мансурова // Инновационные идеи и разработки одаренной молодежи в условиях модернизации техники технологий: сб. тр. РНПК. – Ташкент, 2014. – С. 29–31.

28. **Рахимова, Х.О.** Ременная передача. [Текст] / Х.О. Рахимова. Малый патент. Республики Таджикистан, 2014. – № ТЈ613. 2014 г.

29. **Рахимова, Х.О.** Определение жесткости упругого натяжного ролика ременной передачи [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев // Современные инновации в науке и технике: сб. науч. тр. IV-ой межд. НПК. – Курск, 2014, Т. 4. – С. 36–38.

30. **Рахимова, Х.О.** Анализ размаха колебаний нагрузок на валах швейной машины. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев // Современные инновации в науке и технике: сб. науч. тр. IV-ой межд. НПК. – Курск, 2014, Т. 4. – С. 38–40.

31. **Рахимова, Х.О.** Определения линейного ускорения ремня передачи. [Текст] / Х.О. Рахимова, А.Д. Джураев, В. Турдалиев // Современные инновации в науке и технике: сб. науч. тр. IV-ой межд. НПК. – Курск, 2014, Т. 4. – С. 41–43.

Рахимова Хамрохон Олимовнанын техникалык илимдер кандидат даражасына ээ болу үчүн, 05.02.18 – «Механизмдер жана машинелер назарияты» кесипчилигине тиешелүү «Тигүүчү машиналардын кыймыл келтиргичтеринин куралма жылма чыгырыктын серпилгичтүү элементтери бар курдуу өткөргүчтүн конструкциясын жаратуу жана эсептөө ыкмалары» темасында жазылган диссертациясынын

#### КЫСКАЧА МАЗМУНУ

**Ачык сөздөр:** курдуу өткөргүч, жетеленүүчү куралма жылма чыгырык, серпилгичтүү бойшакек, кинематикалык талдоо, диннамика, тигүүчү машинанын кыймыл келтиргичи, башкы октолгооч, ылдыйкы октолгооч, кыймылдаткыч.

**Изилдөө объектиси** - курдуу өткөргүчтүн куралма жетеленүүчү жылма чыгырыгы менен тигүүчү машинанын кыймыл келтиргичи.

**Иштин максаты** – тигүүчү машинанын куралма жетеленүүчү жылма чыгырыктарынын серпилгичтүү элементтери бар курдуу өткөргүчтүн кинематикалык жана диннамикалык талдоо ыкмачылыгын иштеп чыгаруу, анын өлчөмүнөздөмөлөрүн негиздөө жана конструкциясын жаратуу.

**Изилдөө ыкмалары жана аппаратурасы** – изилдөөлөр серпилгичтүү жана ийилчек элементтери бар механизмдердин кинематикалык жана диннамикалык талдоолорунун жалпы ыкмаларынын негизинде аткарылды; эксперименттик изилдөөлөр тензобилгизгичтер, 2ФКРГ-10-200 маркадагы магнитоэлектрик билгизгичтер, Н115 түрүндөгү осциллограф, 8АНЧ күчөткүч, РАТР менен жабдууланган тигүүчү машинанын сыноо орнотмосунун жардамы менен жүргүзүлдү.

**Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы.** Ыкмачылыктар иштетип чыгарылды: тигүүчү машинанын кыймыл келтиргичинде куралма жетеленүүчү жылма чыгырыктары бар курдуу өткөргүчтүн кинематикалык жана диннамикалык талдоо жана анын өлчөмүнөздөмөлөрүн негиздөө; технологиялык жүктөөлөр өзгөрүү учурунда курдун жеңдеринин узаруусун, жетеленүүчү жылма чыгырыктын бойшакегинин ийкемсиздигин эсептөөгө мүмкүнчүлүк берген тигүүчү машинанын жумушчу мүнөздөмөлөрүнүн көзкарандылыктары алынды; машинанын башкы жана кыймыл келтирүүчү октолгоочотрдогу толгоо ийин күчүнүн термелүүсүнүн чектик маанилерин азайтуусун камсыздандыруучу серпилгич элементтеринин өлчөм мүнөздөмөлөрү негизделди; куралма жетеленүүчү жылма чыгырыктары бар курдуу өткөргүчтүн жаңы конструкциясы иштеп чыгарылды.

**Колдонуу деңгели:** изилдөөнүн жыйынтыктары «Шарифи Худжанди» (Тажик Республикасы) ЖАКдо тигүүчү машинанын кыймыл келтиргичинин жаңы конструкция түрүндө өндүрүшкө киргизилди.

**Колдонуу тармагы:** кыймыл келтиргичинде курдуу өткөргүчтөрдүн куралма жылма чыгырыктары бар тигүүчү машиналарды долбоорлоо жана конструкциялоо.

#### РЕЗЮМЕ

диссертации Рахимовой Хамрохон Олимовны на тему: «Создание конструкции и методы расчета ременной передачи с составным ведомым шкивом с упругими элементами привода швейных машин» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 – «Теория механизмов и машин»

**Ключевые слова:** ременная передача, составной ведомый шкив, упругая втулка, кинематический анализ, динамика, привод швейной машины, главный вал, нижний вал, двигатель.

**Объект исследования** – привод швейной машины с ременной передачей с составными ведомыми шкивами.

**Цель работы** – разработка методики кинематического и динамического анализа ременной передачи с составными ведомыми шкивами с упругими элементами швейной машины, обоснование ее параметров и создание конструкции.

**Методы исследования и аппаратура.** Исследования выполнялись на основе общих методов кинематического и динамического анализа; экспериментальные исследования проводились с помощью стенда швейной машины, оснащенного тензодатчиками, магнито-электрическими датчиками марки 2ФКРГ-10-200, осциллографа типа Н115, усилителя 8АНЧ, РАТР.

**Полученные результаты и их новизна:** разработаны методики: кинематического и динамического анализа ременной передачи с составными ведомыми шкивами привода швейной машины и расчета ее параметров; получены зависимости рабочих характеристик швейной машины от конструктивных параметров ременной передачи, позволяющие рассчитать удлинение ветвей ремня, жесткость упругой втулки ведомого шкива при изменении технологических нагрузок; обоснованы параметры упругих элементов, обеспечивающие уменьшение пиковых значений колебаний крутящего момента на главном и приводном валах машины; разработана новая конструкция ременной передачи с составными ведомыми шкивами.

**Степень внедрения:** Результаты исследования внедрены в ЗАО «Шарифи Худжанди» (Республика Таджикистан).

**Область применения:** проектирование и конструирование швейных машин с ременной передачей с составными шкивами.

## SUMMARY

**Rakhimova Hamrokhon Olimovna's theses on a subject: "Creation of a design and methods of calculation of a belt drive with the compound conducted pulley with elastic elements of the drive of sewing machines" on competition of an academic degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.02.18 – "The theory of mechanisms and cars"**

**Keywords:** a belt drive, the compound conducted pulley, the elastic plug, the kinematic analysis, dynamics, the drive of the sewing machine, the main shaft, the lower shaft, the engine.

**Object of research** – the drive of the sewing machine with a belt drive with the compound conducted pulleys.

**The work purpose** – development of a technique of the kinematic and dynamic analysis of a belt drive with the compound conducted pulleys with elastic elements of the sewing machine, justification of its parameters and creation of a design.

**Methods of research and the equipment** – researches were carried out on the basis of the general methods of the kinematic and dynamic analysis of mechanisms with elastic and flexible elements; pilot studies were conducted by means of the stand of the sewing machine equipped with strain gages, magneto-electric sensors of brand 2FKRG-10-200, oscillograph of the H115 type, the amplifier 8ANCh, RATR.

**The received results and their novelty:** techniques are developed: the kinematic and dynamic analysis; the dependences of performance data of the sewing machine on design data of a belt drive allowing to calculate lengthening of branches of a belt, rigidity of the elastic plug of the conducted pulley at change of technological loadings are received; the parameters of elastic elements providing reduction of peak values of fluctuations of a torque on the main and driving shaft of the car are proved; the new design of a belt drive with the compound conducted pulleys is developed.

**Extent of introduction:** Results of the study are introduced in JSC "Sharifi Khujandi" (Tajikistan).

**Scope:** design and designing of the sewing machines having in the drive a belt drive with compound pulleys.



Подписано в печать 5.02.2015. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Офсетная печать. Объем 1,5 п.л.  
Тираж 100 экз. Заказ 234.

Отпечатано в типографии КРСУ  
720048, Бишкек, ул. Горького, 2