

На правах рукописи

ИСАЕВА ЕЛЕНА МИХАЙЛОВНА

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНЫХ МАШИН  
ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СМАЗОЧНЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ

Специальность 05.02.13. "Машины и агрегаты" (легкая  
промышленность)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

МОСКВА 1997

Работа выполнена в Московской государственной академии  
легкой промышленности

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
ИВАНОВ В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
МОСКАЛЕВ М.А.  
кандидат технических наук, доцент  
ЛОБАНОВ В.А.

Ведущее предприятие: Новосибирское швейное объединение  
"СИНАР"

Зашита состоится "10" июня 1997г.

В 11 часов на заседании Диссертационного Совета Д.053.32.02.  
при Московской государственной ордена Трудового Красного Знамени  
академии легкой промышленности по адресу: 113806, Москва,  
ул. Садовническая 33, ауд. 156.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московской  
государственной академии легкой промышленности.

Автореферат разослан "8" июня 1997г.

Ученый секретарь Диссертационного  
Совета Д.053.32.02. кандидат  
технических наук



ГРИВИН В.В

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Современное технологическое оборудование легкой промышленности включает значительное число высокоскоростных швейных машин. Непрерывный рост сложности их конструкции, повышение производительности, выдвинули на первый план проблему увеличения износостойкости трущихся деталей швейных машин.

В условиях рыночной экономики выпуск продукции высокого качества является одной из главных причин успешной работы предприятия в целом. Повышение эффективности, долговечности эксплуатационного ресурса машин - самый целесообразный путь успешного развития производительных сил, снижения материальных затрат, уменьшения эксплуатационных и ремонтных расходов. Таким образом, проблема повышения износостойкости деталей швейных машин, является одной из актуальных на современном этапе.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ:** анализ отказов машин на предприятиях швейного производства показал, что более 70% этих случаев происходят из-за преждевременного износа деталей, или нарушения смазки. Повышенный износ деталей нарушает их нормальное взаимодействие, вызывает дополнительную вибрацию, удары, нагрузку, снижает точность выполнения операций. Вопросам надежности и долговечности машин уделяется значительное внимание в работах Крагельского И.В., Гаркунова Д.Н., Прокопенко А.К., Андреенкова Е.В., Сторожева В.В., Иванова В.А. и других ученых. Одним из эффективных способов повышения ресурса узлов трения является совершенствование рабочих параметров смазочных композиций. Вместе с тем, в работе швейных машин, существует целый ряд особенностей, которые выдвигают особые требования как к самим смазочным материалам, так и к проблеме смазывания быстроизнашивающихся узлов трения. В частности, недопустимость обильной смазки из-за опасности загрязнения маслом обрабатываемого изделия.

Все вышеперечисленные факторы указывают на необходимость совершенствования рабочих параметров смазочных композиций и принципиально новом подходе к проблеме смазывания узлов трения швейных машин. Также настоящая работа посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям, направленным на изучение зависимости качества поверхности и снижения износа оборудования.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** заключается в повышении срока службы быстроизнашающихся деталей швейных машин на основе комплексного подхода, учитывающего и обеспечивающего на практике стабильно высокое качество обработки изделия, а также достаточный уровень надежности, долговечности и ремонтопригодности швейного оборудования.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- проведен анализ отказов на предприятиях швейной промышленности;
- выявлены параметры, влияющие на долговечность узлов трения швейных машин;
- изучены теоретические вопросы, связанные с явлением избирательного переноса и безыносного трения;
- разработана методика получения смазочных композиций с применением УДА-технологии;
- изготовлены два экспериментальных стенда для исследования зависимости триботехнических характеристик от характеристик качества обрабатываемых поверхностей;
- получены математические модели зависимости характеристик износостойкости контактирующих поверхностей и их износа от режимов обработки.

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ:** диссертация на 457 страницах использует теоретические и экспериментальные методы исследований. Теоретические исследования выполнены с применением принципов аналитической механики, физической химии, теории надежности, теории колебаний. Экспериментальные исследования проведены в лабораториях Московской государственной академии легкой

промышленности, Институте Физической Химии и Институте Машиноведения Российской Академии Наук, а также в производственных условиях, с использованием современной измерительной аппаратуры, с помощью специально созданных стендов и экспериментальных установок. Необходимые расчеты произведены на ПЭВМ по стандартным программам.

**НАУЧНАЯ НОВИЗНА:** заключается в разработке проблемы повышения износостойкости быстроизнашающихся деталей швейных машин за счет применения высокоэффективных смазочных композиций и созданием оптимального профиля трущихся поверхностей. Экспериментально определено соотношение компонентов предлагаемых смазочных композиций и технологические режимы их производства. При анализе трибологических параметров трущихся поверхностей, отработаны режимы получения оптимальных характеристик качества поверхности, обеспечивающих минимальный износ при максимальной производительности.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ:** разработаны конкретные рекомендации для повышения долговечности узлов трения в швейных машинах. Получено практическое решение научной проблемы, имеющей важное экономическое и техническое значение - разработана теория, принципы расчета и способы получения высокоэффективных смазочных материалов, что позволяет значительно улучшить износостойкость узлов трения швейных машин. Определены оптимальные параметры финишной обработки поверхности. Сформулированы условия работы пар трения и предложены экспериментальные стенды для определения износостойкости и антифрикционных параметров.

Результаты исследований внедрены на Новосибирском предприятии "Швейбыт" и на Новосибирском швейном объединении "СИНАР" и приносит реальный экономический эффект за счет повышения срока службы быстроизнашающихся деталей швейных машин, снижения вибрации и, как следствие, повышения производительности труда.

**АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ:** о результатах проделанной работы доложено на кафедрах "Технология машиностроения и конструкционных материалов" и "Машины и аппараты легкой промышленности" в Московской государственной академии легкой промышленности, а также на нижеперечисленных конференциях и научных симпозиумах:

- Вторая Региональная научно - техническая конференция "Триботехнология-производству", (Таганрог 1991);
- Пятая научно - техническая конференция "Триботехника - машиностроению", (Н.Новгород 1992);
- Восьмой Всесоюзный семинар по интеграторной технологии, (Киев 1992);
- Конференция стран СНГ по научно-техническим мероприятиям "ВОТУМ", (Одесса 1993);
- Научно-техническая конференция "Интеллектуальный потенциал Сибири", (Новосибирск 1993);
- Второй Международный симпозиум "PROFECTION", (Москва 1995);
- Научно-техническая конференция СГТА, (Новосибирск 1996);
- Сибирский научно-вседорческий конгресс "Наука-основа устойчивого развития экономики Сибири, ( Новосибирск 1997);
- Межрегиональная научно-техническая конференция "Образование в условиях реформ: опыт, проблемы, научные исследования", (Новосибирск 1997).

**ПУБЛИКАЦИИ:** по теме диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ , получено положительное решение на авторскую заявку.

**СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ:** диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов по работе в целом, библиографии и приложений. Работа изложена на 63 листах машинописного текста, содержит 41 иллюстрацию, 12 таблиц. Библиография включает 85 наименований. Приложения представлены на 1 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе рассмотрены вопросы, посвященные эксплуатации швейного оборудования, проведен анализ износа и рассмотрены вопросы реализации эффекта избирательного переноса.

Современные швейные машины отличаются высокими скоростями движения и частотой вращения рабочих органов, значительными усилиями, изготовления и разогревания. Анализ отказов оборудования на Новосибирском предприятии "Швейбыт" по журналам учета отказов и работы подконтрольных машин показал, что неисправности в работе машина большей частью происходят из-за износа деталей и узлов. Наиболее интенсивно изнашиваются складыши и втулки подшипников скольжения, направляющие деталей, движущихся возвратно-поступательно, кулачки и эксцентрики, детали челночного комплекта и др. Характерной особенностью работы узлов трения швейных машин является то, что при обычных условиях смазки трение и износ в период пуска и останова во много раз больше, чем при установленном режиме работы.

Большое влияние на износостойкость трущихся деталей швейных машин оказывает правильное применение смазочных материалов, а также многие факторы, отраженные на рис.1.

Основными видами износа деталей швейных машин является абразивный износ, которому подвержены открытые зубчатые передачи, механизмы нитепрятягивателя и другие узлы, особенно работающие в запыленной среде. Механический окислительный износ имеет место в подшипниках скольжения, направляющих и т.д.

Для предупреждения быстрого износа швейного оборудования необходима разработка эффективных мероприятий, реализация которых позволила бы существенно увеличить срок службы узлов

## ИЗНОССОСТОЯНИЕ

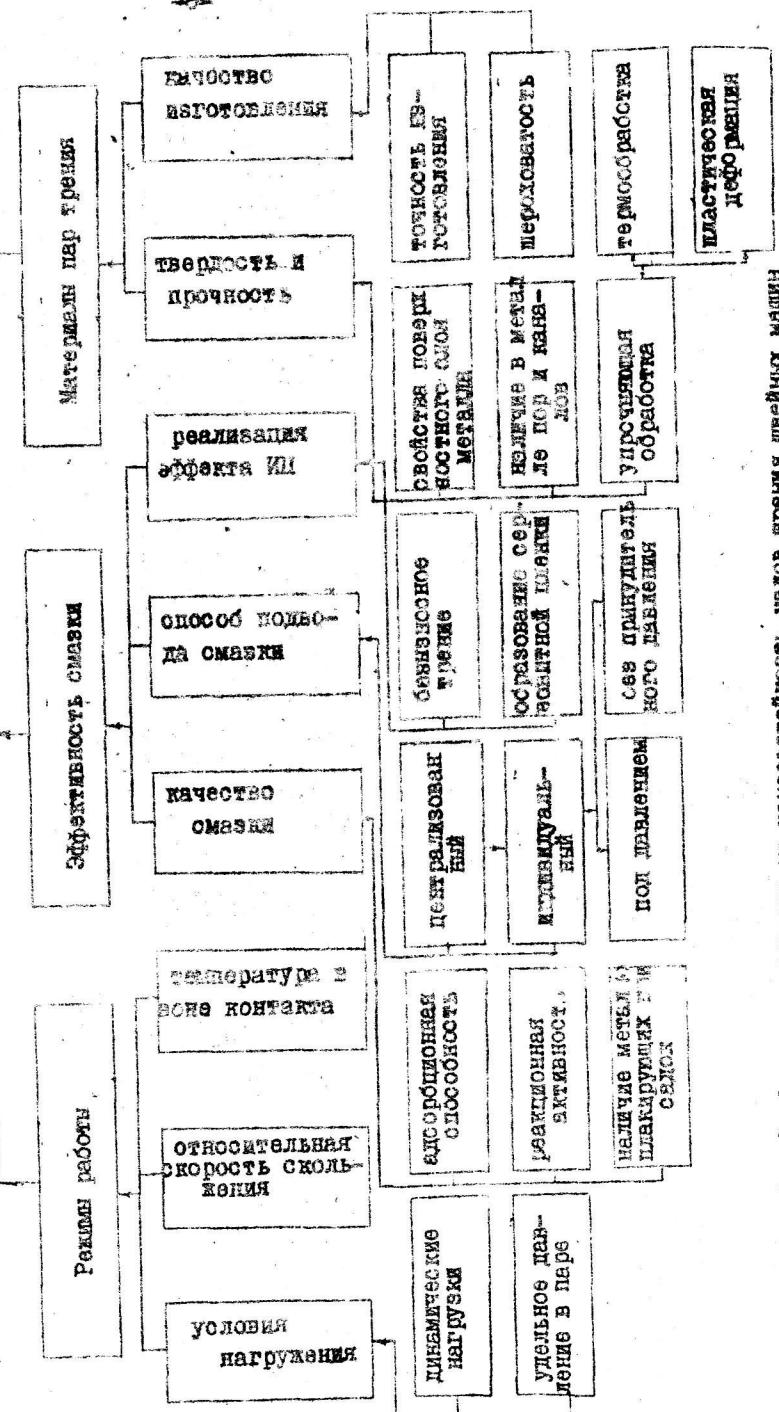


Рис. 1. Факторы, влияющие на износостойкость узлов трения швейных машин

трения, и тем самым, повысить надежность машин. Одним из таких мероприятий является реализация посредством смазочных материалов эффекта избирательного переноса.

Рассматривая явление избирательного переноса как сложный физико-химический процесс, происходящий в зоне трения, установлено, что трибодеструкция смазки в самом начале трения, в режиме избирательного переноса кроме замедления окисления приводит к ряду полезных процессов. Молекулы смазки, разрушаясь на химически активные заряженные частицы, приводят в действие электрохимический механизм избирательного растворения анодных участков сплава, что снижает прочность поверхностного слоя. Из этого следуют два важнейших принципа процесса избирательного переноса:

1. Образование металлоорганических соединений;
2. Образование вакансий в поверхностном слое, которые понижая поверхностное натяжение металла, и как бы разжигая его, еще более способствуют его деформированию.

При трении в среде смазки, содержащей металлоокиси, образуется тонкая металлическая пленка, называемая серовитиной. Она представляет собой вещество, образованное потоком энергии и существующее в процессе трения. Именно эта пленка при трении воспринимает все нагрузки, покрывая шероховатость поверхностей стальных деталей.

При использовании смазки с металлоокисями, через некоторое время работы на трущихся поверхностях начинает появляться блестящая пленка. Она представляет собой слой меди, попадающий в зону контакта в виде химического соединения (олеат меди) и меди, восстанавливющейся на деталях. Наличие такой пленки на поверхности трения указывает на то, что данный узел работает в режиме избирательного переноса. Практической "безызносности" узла не наблюдается вследствие ограниченной подачи смазочного материала, но образующаяся серовитинная пленка сдерживает износ в момент прекращения

поступления масла в зону трения и во время пуска и останова машины, т.е. именно тогда, когда происходит интенсивный износ поверхности. Металл в этот момент разделяет трещущиеся детали и предотвращает разрушение.

Другим эффективным путем повышения износостойкости является не только высокоточная балансировка и уравновешивание статических моментов, но и создание на поверхности вала вязкой масляной пленки. Предполагается, что вал и втулка охвачены упругой связью  $K^*Y_2$ , где  $K$ -жесткая связь вала со втулкой,  $Y_2$ -смещение вала относительно втулки. Слой смазки связан с корпусом и валом силами трения, определяемыми коэффициентами  $N_1$ ,  $N_3$ , которые характеризуют степень демпфирования смазки с трещущимися поверхностями, и вала во втулке соответственно. При вращении вала (рис.2), элементы слоя смазки, находящиеся на радиусе имеют центробежное ускорение:

$$\omega^2 = 2(\dot{\varphi})^2 \quad (1)$$

$r$ -радиус слоя масла, м

$\dot{\varphi}$ -угловая скорость, рад/с

На слой масла, толщиной  $dr$ , находящийся на радиусе  $r$ , действует ускорение:

$$dr \cdot E = 2(\dot{\varphi})^2 dr \quad (2)$$

В результате, на элементарный объем  $dv=dS*dr$  смазки, находящейся между слоями  $r$  и  $r+dr$  действует "архимедова" сила, равная

$$A_0 = (\rho_2 - \rho_1) 4r^2 \cdot dv \quad (3)$$

и направленная против внешнего ускорения. Аналитическую систему уравнений, описывающих динамику вала во втулке можно записать, считая что осевой сдвиг вала отсутствует, а имеется поперечное

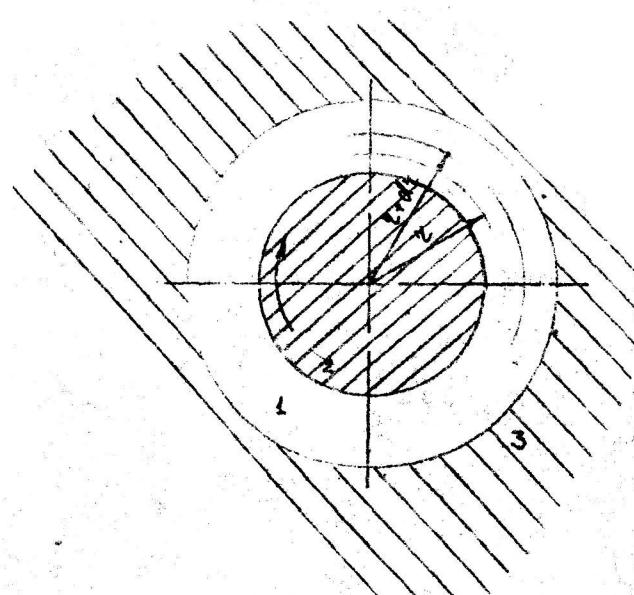


Рис.2. Профильное изображение опор узла главного вала

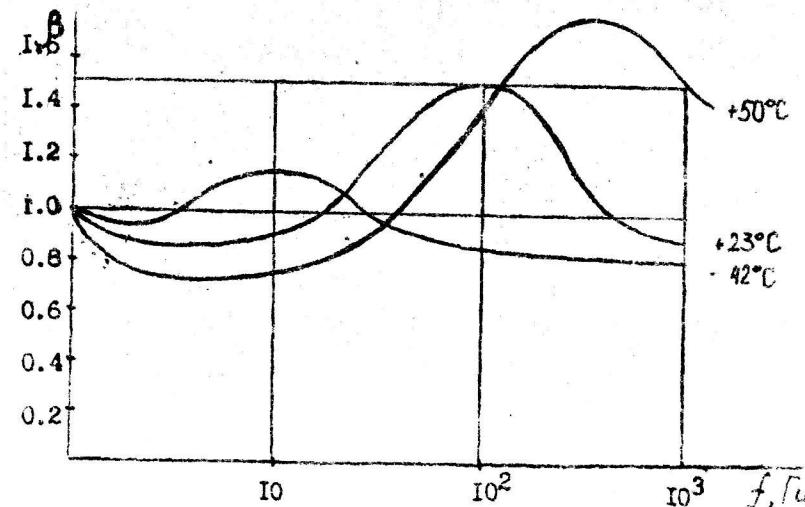


Рис.3. Влияние адгезионных свойств масла на адгезионно-частотные характеристики узла главного вала

смещение вала относительно втулки  $\varphi$  и изменение скорости вращения, тогда:

$$\begin{cases} m_2 \ddot{\varphi} + k \dot{\varphi} + B \dot{\varphi} - A_0 = 0 \\ J_2 \ddot{\varphi} + B_2^2 \dot{\varphi} = (F_0 \sin \varphi_0 + F_1) \cdot \varphi \end{cases} \quad (4)$$

$K$  - коэффициент, характеризующий упругие связи со втулкой, Н/м;  
 $B$  - коэффициент, характеризующий силы вязкости смазки во втулке, Н с/м;

$A_0$  - сила, определяемая уравнением:  $A_0 = (P_2 - P_1) \dot{\varphi}$ , Н

$J_2$  - момент инерции вала, кг·м<sup>2</sup>;

$F_0$  - амплитуда внешней действующей силы, Н;

$F_1$  - силы нагрузки, Н

Для нахождения величины относительной скорости вала необходимо взять тангенциальную скорость движения жидкости  $\dot{\varphi}$  относительно стенок втулки. Для этого рассмотрим уравнение движения нейтрального слоя жидкости:

$$(J_1 - J_1' - J_2') \ddot{\varphi}_1 + B_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + B_1 y_1 = (J_1 - J_1' - J_2) \ddot{\varphi}_2 \quad (5)$$

$J_1'$  - переменный момент трения инерции слоя жидкости, увлекаемой валом

$$J_1' = \sqrt{\frac{c}{d + d \dot{y}_1}} \quad (6)$$

$c, d$  - const, определяющие момент инерции жидкости, как одно число.

Таким образом, получили полное уравнение для динамической системы вала во втулке в виде, удобном для моделирования:

$$\begin{cases} m_2 \ddot{\varphi} + k \dot{\varphi} + B \dot{\varphi} - A_0 = 0 \\ J_2 \ddot{\varphi} + B_2^2 \dot{\varphi} = (F_0 \sin \varphi_0 + F_1) \cdot \varphi \\ (J_1 - J_1' - J_2') \ddot{\varphi}_1 + B_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + B_1 y_1 = (J_1 - J_1' - J_2) \ddot{\varphi}_2 \end{cases} \quad (7)$$

На рис.3 представлены амплитудно-частотные характеристики, полученные на динамической модели при подстановке значений коэффициентов вязкости масла.

Описанная математическая модель с достаточной степенью точности раскрывает адгезионно-частотные характеристики реального узла швейной машины. Изменение коэффициентов вязкости в диапазоне 50-3000 Гц, приводит к увеличению частоты основной гармоники крутильных колебаний на 60%, что дает основание сделать вывод о влиянии адгезионных свойств масел на динамические характеристики главного вала и механизма игловодителя. Для адгезионно-частотных характеристик характерно увеличение чувствительности к угловым ускорениям в области низких частот.

Во второй главе разработана методика получения смазочных композиций с металлошлиакирующими присадками и проведены экспериментальные исследования с целью определения антифрикционных и противоизносных свойств предложенных смазок.

Для получения новых композиций использован метод механохимии, с применением УДА-технологии. Он основан на освобождении поверхности от адсорбционных слоев для высвобождения избытка свободной энергии. Такая поверхность возникает при механическом диспергировании металлов в условиях значительных знакопеременных нагрузок. Реализация этих условий на практике может быть достигнуто с помощью применения дезинтеграторной технологии. В условиях дезинтеграторной активации масла с порошком меди и добавлением предельной кислоты, образуются растворимые в масле медьсодержащие соединения. Увеличение растворимости металло содержащих комплексов происходит прямо пропорционально повышению их противоминностной и антифрикционной способности и стабильности при хранении и эксплуатации, что является одним из важных факторов при оценке качества смазочных композиций.

Различные по составу и времени хранения смазки проанализированы на содержание меди двумя разными способами.

Результаты исследования представлены на рис.4. Как видно, в случае стандартного масла, практически не образуется растворимых в масле медьсодержащих соединений. Экспериментальные же композиции, полученные методом УДА-технологии, сохраняют стабильность в течение 6 месяцев и отличаются высоким, до 980 мг/л, растворимыми комплексами меди.

Таким образом, можно говорить, что в условиях дезинтеграторной активации, в смазочных композициях, осуществляются эффективные саморегулируемые процессы, способствующие повышению эксплуатационных свойств рассматриваемых смазок на практике.

Эффектом помола в дезинтеграторе можно назвать прирост удельной поверхности частиц материала при обработке. Если удельная поверхность размалываемого материала составляла до дезинтегрирования  $\theta_A$ , после пропуска  $E_B$ , то эффект помола будет  $\Delta \theta$ .

Производственные испытания и данные исследований показали, что эффект помола дезинтегратора при обработке одного и того же материала пропорционален расходуемой дезинтегратором энергии.

$$\Delta \theta = C \cdot E = C \cdot 1,4 \cdot 10^{-6} \sqrt{\left(\frac{P_1 P_2}{a \cdot d}\right)_{cp}} \cdot \frac{1}{G} \pi a^2 D_k^2 \quad (8)$$

с- множитель, зависящий от свойств обрабатываемого материала;

Е- энергопотребность;

$P_1, P_2, a, d, a, D$ - геометрические параметры дезинтегратора,

G- количество обрабатываемого материала.

$$E = 1,4 \cdot 10^{-6} \sqrt{\left(\frac{P_1 P_2}{a \cdot d}\right)_{cp}} \cdot \frac{1}{G} \pi a^2 D_k^2 \quad (9)$$

Эффект помола зависит от технологических параметров дезинтегратора и легко регулируется увеличением или уменьшением числа оборотов.

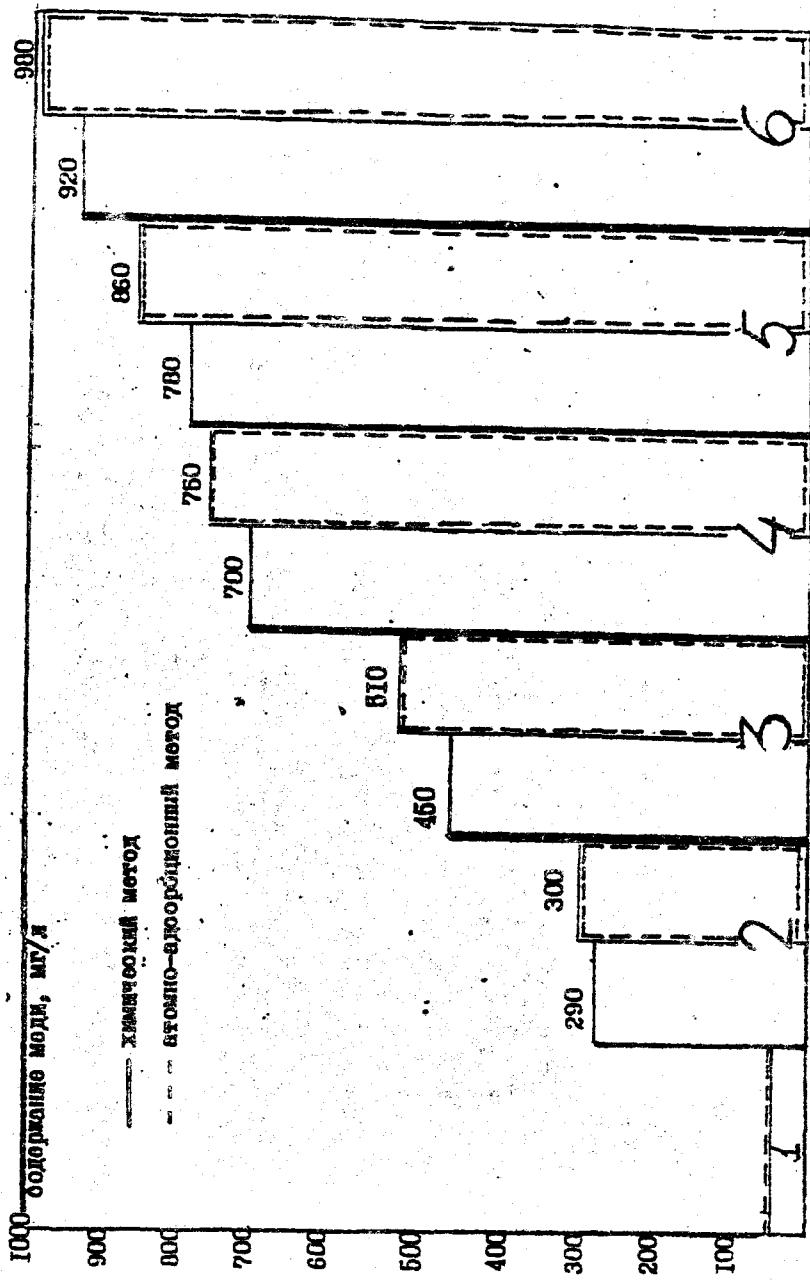


Рис.4. График с содержанием меди в различных смазочных композициях масла И-20 в зависимости от времени плавления композиций

Оценка противоизносных и антифрикционных качеств исследуемых смазочных композиций осуществлялась на четырехшариковой машине трения по стандартной технологии. Противоизносные характеристики оценивались по диаметру пятна износа, а антифрикционные - по коэффициенту трения при различной температуре.

Полученные результаты приведены в таблице 1. Очевидно, что наиболее оптимальными параметрами обладает композиция, выдержанная в течение 6 месяцев и содержащая медь и олеиновую кислоту в среде жидкого азота. Этот факт говорит о завершении всех химических реакций и стабилизации процесса.

Третья глава посвящена разработке конструкции экспериментальных стендов для выявления зависимости износа от параметров качества трущихся поверхностей, а также оценке экспериментальных смазочных композиций.

Для приближения условий испытаний к реальным, было решено сконструировать и изготовить два экспериментальных стенда. Первый - для исследования износостойкости, второй - для измерения параметров трения в зоне контакта. Стенды моделируют работу узлов трения типа "вал-втулка", в процессе моделировались различные варианты оформления поверхностей трения: точение, шлифование, полирование и обкатывание шаром. Скоростные и нагружочные режимы соответствуют реальным условиям работы узла трения в машине. Для смазки применялись масло И-20 ГОСТ 20799-75 и экспериментальные смазочные композиции. При одних и тех же высотных характеристиках микронеровностей сопряженных деталей, их износостойкость может значительно отличаться, т.к. метод финишной обработки трущихся поверхностей оказывает влияние на форму неровностей и физико-механические свойства поверхности. Поэтому для исследований и измерения момента трения и температуры были взяты образцы, обработанные точением, шлифованием, полированием и обкатыванием шаром. После обработки с каждого образца сняты профилограммы, круглограммы, измерили характеристики

ТАБЛИЦА I

## Антифрикционная и противоизносная способность смазочных композиций

№/п	Смазочная композиция	Диаметр пятна износа.			Коэффициент трения		
		20°C	45°C	65°C	20°C	45°C	65°C
1	Исходное масло	0.49	0.50	0.58	0.13	0.13	0.24
	Масло, активированное порошком меди	0.38	0.45	0.48			
2	Масло+олеиновая кислота после 3 пропусков лезгин- тератора	0.52	0.52	0.59	0.18	0.19	0.23
3	Масло+олеиновая кислота + меди, пропущенное ЭР через лезгинтератор без предвари- тельный охлаждения жидким азотом	0.38	0.39	0.43	0.08	0.11	0.18
4	Масло+олеиновая кислота + меди, после ЭР с предварите- льным охлаждением жидким азотом	0.336	0.372	0.381	0.057	0.057	0.063
5	Масло+олеиновая кислота + меди, после ЭР с предварите- льным охлаждением жидким азотом	0.338	0.340	0.349	0.051	0.056	0.061
6	Масло+олеиновая кислота + меди, после ЭР охлажденного лезгинтератора после 6 мес.	0.336	0.340	0.349	0.051	0.056	0.061

неровностей, твердость и микротвердость. Температура и момент трения измерялись в процессе эксперимента. Полученные данные сведены в таблицу 2.

На рис. 5 отражена зависимость момента трения и температуры от шероховатости поверхности. Подъем, затем падение и стабилизация температуры и момента трения связаны с выходом процесса трения на стационарный режим. Атомы металлов из смазки непрерывно ассилируются металлическими поверхностями. При этом, между сажаленными атомами и поверхностью, на которую они осели не возникает прочных связей, и образующаяся тонкая пленка, обладая "жидкоподобными" свойствами, и малым сопротивлением сдвигу поддерживает величину масляного зазора между трущимися поверхностями и коэффициентом трения и предотвращает износ. Кроме того, при малой шероховатости контактирующих поверхностей, за счет того, что смазка не удерживается неровностями и в зоне контакта происходит скватывание поверхностей, работа пары трения происходит почти без смазки, что естественно ведет к увеличению момента трения и температуры. При большой высоте неровностей они не покрываются смазкой по всей высоте, и смазочный эффект так же теряется.

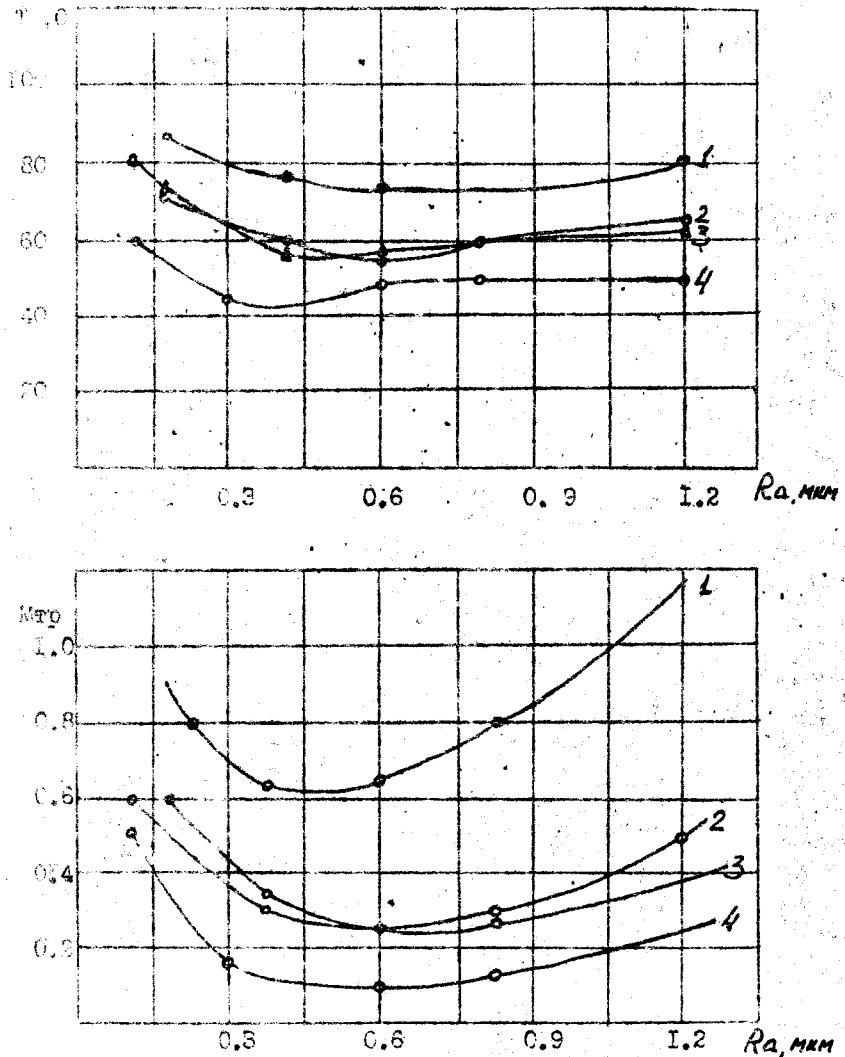
Анализируя общую картину зависимости момента трения и температуры от качества поверхности, видно, что лучшие показатели получены для пар трения, обработанных обкатыванием, худшие - для пар трения обработанных точением. Объяснить это можно тем, что после обкатывания форма неровностей изменяется, увеличивается площадь фактического контакта, а следовательно, уменьшается удельное давление, улучшаются условия смазки и уменьшается момент трения и температура.

Для проверки результатов, полученных на испытательных стендах и проверки эффективности экспериментальных смазочных композиций, в реальных условиях швейного производства были произведены испытания на Новосибирском предприятии "Швейбыт". В качестве объекта экспериментальных исследований была выбрана

Таблица 2

## Характеристики качества поверхности и результаты эксперимента.

N опыта	Метод обработки	Rz (мкм)	Ra (мкм)	HRCз	H M 100	Момент трения Нм	T°C
1	Точение	0.9	0.2	50		1.2	86
2		1.3	0.4	50		0.8	78
3		2.0	0.6	49		0.9	77
4		15.0	3.2	49		1.5	81
5		25.0	6.3	50		1.8	98
1	Шлифование	0.8	0.2	50	592	0.6	72
2		1.4	0.4	51	600	0.24	50
3		2.5	0.6	51	585	0.30	55
4		3.1	0.8	50	590	0.30	60
5		5.0	1.2	50	580	0.52	65
6		13.0	3.2	51	576	0.6	73
7		25.0	6.3	50	617	0.82	78
1	Полирование	0.4	0.1	51	590	0.6	81
2		0.9	0.2	51	610	0.55	74
3		1.3	0.4	50	620	0.30	57
4		1.9	0.6	50	614	0.31	57
5		3.3	0.8	51	589	0.34	60
6		6.0	1.6	50	596	0.45	72
7		13	3.2	50	618	0.58	75
1	Обкатывание шаром	0.5	0.1	51	638	0.5	60
2		1.2	0.3	51	628	0.14	45
3		2.2	0.6	52	630	0.15	48
4		3.5	0.8	51	648	0.15	47
5		5.0	1.6	51	620	0.2	53
6		13.0	3.3	51	626	0.28	57
7		27.0	6.5	52	638	0.40	61



- 1- обточенные поверхности
- 2- шлифованные поверхности
- 3- полированные поверхности
- 4- обкатанные поверхности

Рис.5. Зависимость температуры и момента трения от шероховатости поверхности

универсальная швейная машина 97-А класса, с централизованной принудительной системой смазки. Наблюдение велось в течение 12 месяцев. Контрольная разборка и осмотр узлов трения швейных машин, показали, что сопрягаемые поверхности находятся в хорошем состоянии, наблюдается наличие тонкой масляной пленки. Проведя сравнительный анализ отказов швейных машин контрольной и опытной групп, по аппроксимирующей кривой отказов, получено повышение износостойкости, при применении экспериментальных смазочных композиций примерно на 30% по сравнению со стандартным маслом И-20.(Рис.6)

На рис 7 приведена диаграмма замены отдельных узлов трения швейных машин, которые смазывались маслом И-20 и предложенной смазочной композицией. Эффект от применения последней составил около 50%, что позволяет рекомендовать применение данной смазки на предприятиях швейной промышленности.

В четвертой главе разработано технологическое обеспечение качества поверхности быстроизнашивающихся деталей швейных машин, выявлены оптимальные значения характеристик качества поверхности и их связь с режимами обработки.

К основным параметрам режима обкатывания относятся:

- диаметр шара обкатника,  $d_w$ , мм;
- усилие обкатывания,  $P$ , Н;
- подача,  $S$ , мм/об;
- скорость вращения обрабатываемой детали,  $V$ , м/с.

На основании предварительного эксперимента, можно сделать вывод, что основное влияние на износостойкость деталей обкатанных шаром оказывают диаметр шара обкатника и усилие обкатывания. Поэтому, подачу и скорость обкатывания взяли исходя из литературных рекомендаций и данных предварительных экспериментов, а диаметр шара и усилие - рассчитаны с учетом условий обкатывания и свойств обрабатываемого материала. Для выяснения связи диаметра шара и подачи рассмотрим взаимодействие шара с обрабатываемой поверхностью/рис.8/. Вдавливание шара

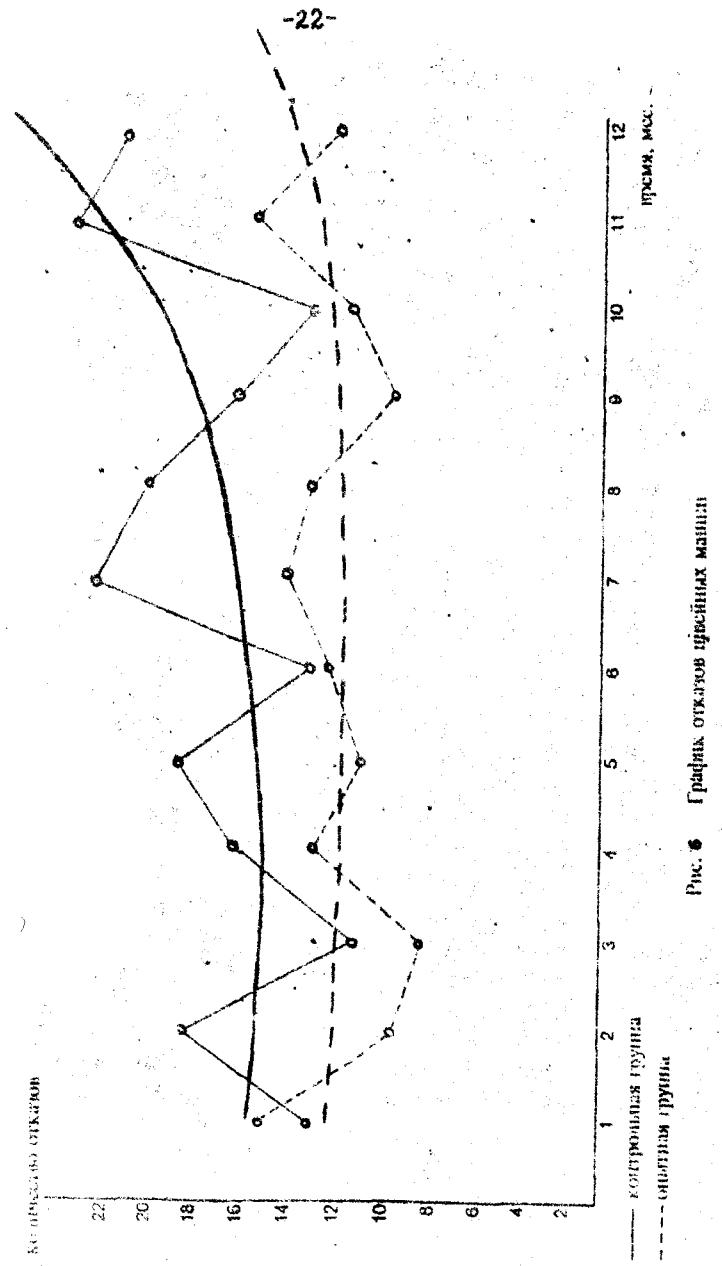


Рис. 6 График отходов прядильных машин

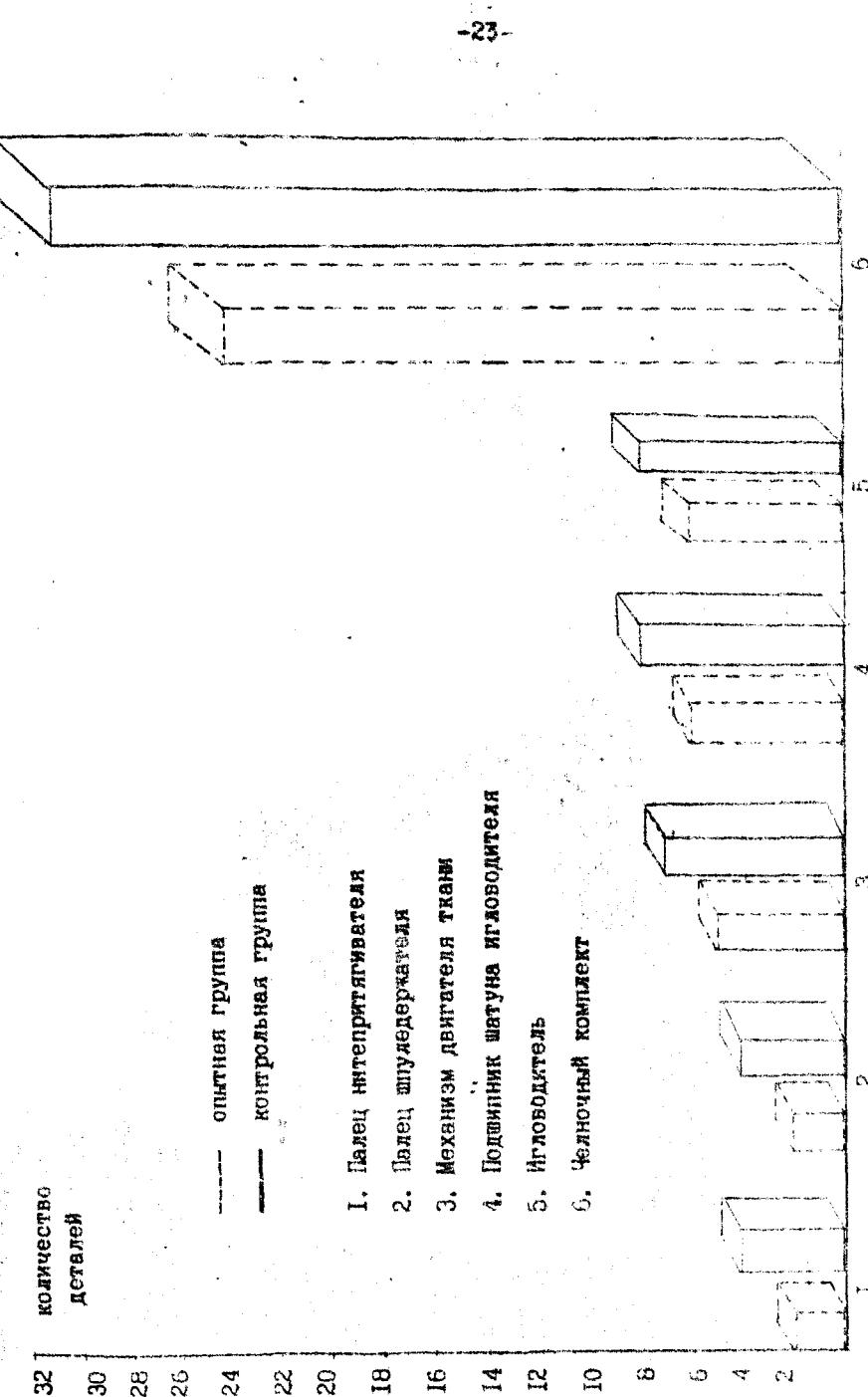


Рис. 7 Баланс комплекта деталей швейной машины

инструмента в осевом направлении определяется  $\angle \varphi$ . При использовании формулы Мейера

$$P = \bar{m} d_w \epsilon \cdot \sin \epsilon \varphi \quad (10)$$

$\bar{m}$  - коэффициент, зависящий от диаметра шара и свойств обрабатываемого материала;

$\epsilon$  - показатель, зависящий от способности металла к наклепу.

$$S = d_w \cdot \sin \varphi \quad (11)$$

$$d_w = \frac{S}{\delta \sin \varphi} \quad (12)$$

Величина угла вдавливания ограничивается значением  $\varphi = 2^{\circ}30'$ , превышение которого ведет к образованию дефектов /завалов/ вершин неровностей. Приняв  $\varphi = 2^{\circ}30'$ , формула 12 примет вид:

$$d_w = \frac{S}{0.0435}$$

Усилие обкатывания определяем по формуле:

$$\tau = \left( \frac{d_w \cdot g}{0.0435 \cdot E} \right)^2 \cdot g \quad (13)$$

$$g = (1.8 \div 2.1) \bar{\sigma}_m \quad (14)$$

$\bar{\sigma}_m$  - предел текучести материала, Па;

$E$  - модуль упругости обрабатываемого материала, Па.

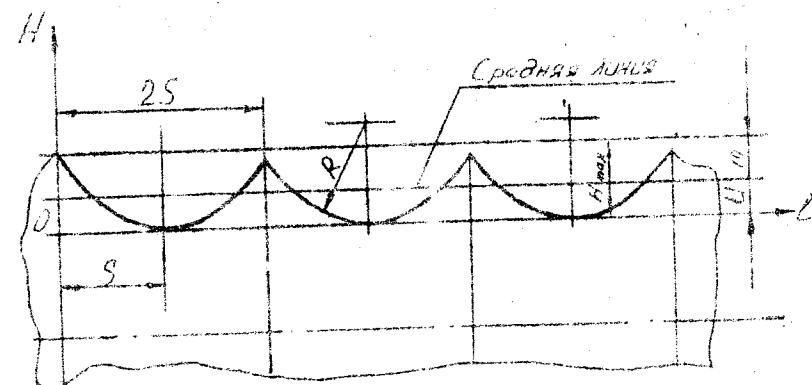
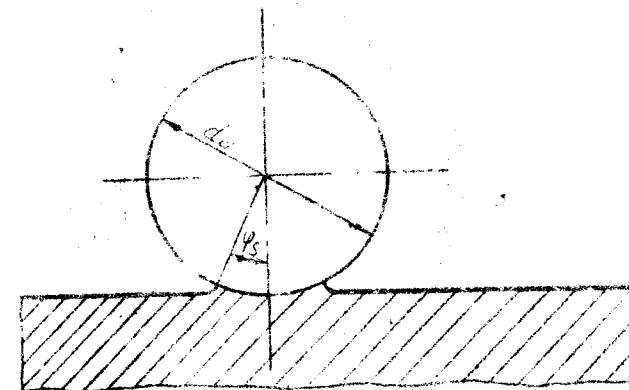


Рис.8. Взаимодействие шара с обрабатываемой поверхностью

Проведенный эксперимент не позволяет оптимизировать характеристики микронеровностей и не дает достаточной возможности для оценки вклада каждой характеристики неровностей в процессе износа. Эта задача была решена с помощью метода математического планирования эксперимента. Объектом оптимизации выступает узел трения, управляющие воздействия-характеристики качества поверхности вала и втулки, параметр оптимизации-износ трущихся деталей.

При получении формального математического описания объекта воспользуемся методом активного эксперимента, в котором принимаются во внимание только управляющие параметры. В качестве математической модели, соответствующей ортогональному композиционному плану, был взят полином второй степени вида:

$$y_i = b_0 + \sum_{i=1}^N b_{ii} x_i + \sum_{i,j=1}^N b_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^N b_{ii} x_i^2 \quad (15)$$

$b_{ii}, b_{ij}, b_{ii}$  - коэффициенты регрессии;

$N$  - количество факторов;

$i, j$  - номера факторов,

Пользуясь матрицей планирования эксперимента, определим коэффициенты регрессии. Вычислив эти коэффициенты и подставив их в уравнения 15, получим уравнения, связывающие характеристики неровностей и износ с режимами обработки. После оценки значимости коэффициентов, уравнения будут иметь следующий вид:

$$R_a = 0.29 + 0.12 X_1 + 0.12 X_2 - 0.93 X_3 - 0.074 X_4 + \\ + 0.008 X_1 X_2 - 0.12 X_1 X_4 - 0.13 X_2 X_4 \quad (16)$$

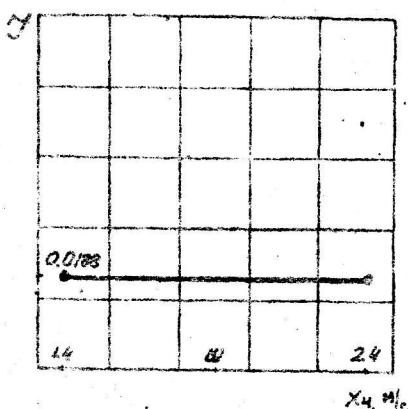
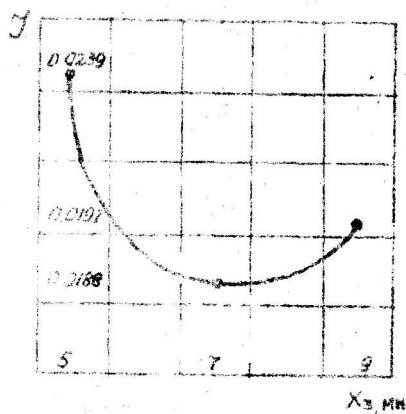
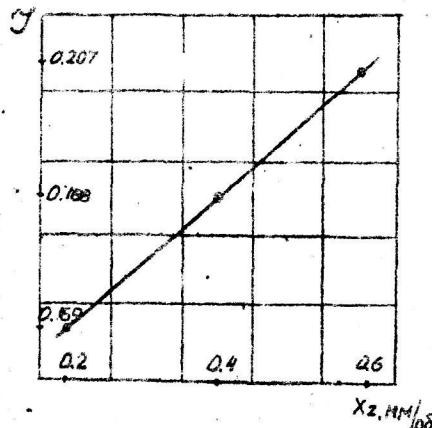
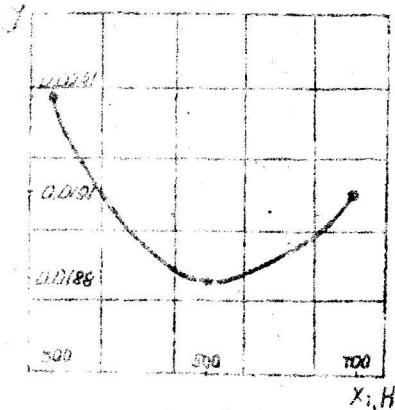
-27-

$$S = 0.485 + 0.029 X_2 + 0.12 X_1 X_3 + \\ + 0.108 X_2 X_3 - 0.15 X_2^2 \quad (17)$$

$$T = 1.01 + 0.38 X_1 + 0.22 X_2 - 0.26 X_3 - 0.12 X_4 + \\ + 0.17 X_1 X_2 - 0.13 X_1 X_3 - 0.25 X_1 X_4 - 0.33 X_2 X_4 + \\ + 0.27 X_2^2 - 0.31 X_3^2 - 0.34 X_4^2 \quad (18)$$

$$I = 0.0188 - 0.0025 X_1 + 0.0019 X_2 - 0.0021 X_3 - \\ - 0.0024 X_1 X_4 - 0.003 X_3 X_4 + 0.0028 X \quad (19)$$

Проверка на адекватность полученных уравнений производилась с помощью критерия Фишера. Все вышеупомянутые уравнения адекватны, при уровне значимости  $\alpha = 0.01$ . На рис. 9 показаны зависимости износа от параметров режима обкатывания.



$X_1$  – усилие подачи  
 $X_2$  – подача  
 $X_3$  – диаметр шара  
 $X_4$  – скорость обкатывания

Рис.9 Зависимость износа от параметров режимов обкатывания

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

- Проведен анализ отказов работы оборудования на предприятиях швейной промышленности, который показал, что более 70% этих случаев происходит из-за преждевременного износа или нарушения масляного слоя.
- Установлено, что существенно увеличить долговечность узлов трения швейных позволит применение ячеек смазочных композиций с металлошлиакирующими присадками, которые обеспечивают на практике реализацию эффекта избирательного переноса.
- Экспериментально доказано, что получение смазочных композиций методом УДА-технологии, обеспечивает переход в химический раствор металлоксодержащих присадок. Это позволит применять предложенные композиции при капиллярной смазке швейных машин.
- Сформулированы требования к металлоглакирующем присадкам, которые заключаются в следующем:
  - необходимость совмещаться с маслами,
  - обеспечивать на практике реализацию эффекта избирательного переноса, при различных скоростях и нагрузках,
  - сохранять заданные свойства в течение длительного периода времени.
- На базе математической модели динамической системы главного вала и игловодителя получена аналитическая зависимость адгезионных свойств масел на адгезионно-частотные характеристики узла главного вала.
- Созданы экспериментальные стенды для измерения параметров износа в зоне контакта. Рабочие характеристики стендов отражают реальные узлы трения швейных машин. В процессе экспериментов фиксировался износ, момент трения и температура.
- На созданных стендах проведены экспериментальные исследования, на основании которых выявлено, что наилучшие трибологические параметры обеспечивали пары трения, смазка которых осуществлялась предложенной смазочной композицией и финишной операцией

обработки трущихся поверхностей - обкатыванием шаром. Именно при этих условиях достигнуты оптимальные противоизносные параметры.

8. Предложена математическая модель выбора оптимальных режимов финишной обработки, которые обеспечивают минимальный износ при наибольшей производительности.

9. Экспериментально установлены границы колебаний высоты неровностей и прикладываемой к сопряженным деталям нагрузки, обеспечивающие минимальный момент трения, температуру в зоне контакта.

10. Произведена аппробация предложенных смазочных композиций в условиях швейного производства и полученные результаты свидетельствуют о повышении износостойкости узлов трения швейных машин в среднем на 45-60% по сравнению с использованием стандартных масел.

#### ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Иванов В.А., Исаева Е.М., Хрусталев Ю.А. "Применение УД-технологии для получения металлоплакирующих присадок", журнал "Узвестия ВУЗов" №5-6 1991.

2. Иванов В.А., Исаева Е.М., Хрусталев Ю.А., Курдубов Ю.Ф. "Применение металлоплакирующих присадок", тезисы докладов второй региональной научно-технической конференции "Триботехника-производству", Таганрог 1991.

3. Иванов В.А., Исаева Е.М., Хрусталев Ю.А. "Исследование смазочных композиций с металлоплакирующими присадками", тезисы докладов пятой научно-технической конференции "Триботехника-машиностроению", Н.Новгород 1992.

4. Исаева Е.М., Хрусталев Ю.А. "Применение дезинтегратора для получения металлоплакирующих присадок к маслам", тезисы докладов

восьмого Всесоюзного семинара по дезинтеграторной технологии, Киев 1992.

5. Исаева Е.М., Хрусталев Ю.А. "Использование процессов механохимической активации композиционных смазок на основе индустриального масла", тезисы докладов конференции стран СНГ по научно-техническим мероприятиям "ВОТУМ", Одесса 1993.

6. Исаева Е.М., Пермяков А.М. "Исследование влияния качества поверхности трущихся деталей машин легкой промышленности на износ"

7. Исаева Е.М., Пискунов Д.В. "Исследование влияния смазки на износ", тезисы докладов научно-технической конференции "Интеллектуальный потенциал Сибири", Новосибирск 1993.

8. Исаева Е.М., Иванов В.А., Хрусталев Ю.А. "Смазочные композиции с улучшенными трибологическими параметрами на основе индустриального масла", тезисы докладов второго Международного симпозиума "PROTECTION", Москва 1995.

9. Исаев М.А., Исаева Е.М., Ушаков О.К. "Избирательный перенос при трении деталей машин", тезисы докладов Научно-технической конференции СГТА, Новосибирск 1996.

10. Исаева Е.М., Ушаков О.К., Вершков В.В. "Исследование влияния способов обработки на процессы в зоне трения", тезисы докладов Сибирского научно-вседелческого конгресса "Наука-основа устойчивого развития экономики Сибири", Новосибирск 1997.

11. Исаева Е.М., Исаев М.А. "Исследование износостойкости деталей швейных машин", тезисы докладов Российской научно-практической конференции "Образование в условиях реформ: опыт, проблемы, научные исследования", Новосибирск 1997.

По теме диссертационной работы получено положительное решение на авторскую заявку.

Ротарпринт МГАИИ  
Заказ № 128  
тираж № - 70 экз