

M432129

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА
ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ
УЧИЛИЩЕ им. Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

КУЛИНИЧ Татьяна Алексеевна

УДК 621. 891

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПАР ТРЕНИЯ ТИПА
ВАЛ—ВТУЛКА**

Специальность 05.02.08 — Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ

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

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ
УЧИЛИЩЕ ИМ. Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

КУЛИНИЧ Татьяна Алексеевна

УДК 621.891

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПАР ТРЕНИЯ ТИПА ВАЛ-ВТУЛКА

Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва

1985



Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана и Читинском политехническом институте.

- Научный руководитель - Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор Дальский А.М.
- Официальные оппоненты - Доктор технических наук, профессор Дунин-Барковский И.В.
- кандидат технических наук, доцент Дмитриев Б.М.
- Ведущее предприятие - Московский завод прецизионных скоростных электроприводов

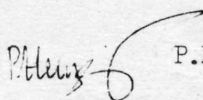
Защита диссертации состоится " 28 " октября 1985 г. на заседании специализированного совета К 059.15.15 в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу:

107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим направить по указанному адресу.

Автореферат разослан " 10 " сентября 1985 г.

Ученый секретарь совета
кандидат технических наук, доцент  Р.К.МЕЩЕРЯКОВ

Актуальность проблемы. Среди задач поставленных перед машиностроением XXVI съездом КПСС, одно из первых мест занимает задача повышения качества выпускаемой продукции. Непрерывно возрастающие требования к качеству связаны с необходимостью повышения надёжности и долговечности их деталей и узлов, что предопределяет необходимость улучшения эксплуатационных свойств поверхностного слоя определяемых технологией их изготовления.

Как известно свыше 90 % машин выходят из строя из-за недостаточной износостойкости узлов трения. Это является, как правило, следствием необоснованного выбора технологии изготовления сопрягаемых деталей и их конструктивного выполнения для конкретных эксплуатационных условий, несоответствия режимов работы узла - рекомендованным и др.. Поэтому проблема повышения износостойкости деталей в настоящее время всё ещё остаётся весьма актуальной в тех отраслях машиностроения, где предъявляются высокие требования к надёжности и долговечности изделия в целом.

На износостойкость поверхностного слоя деталей машин наряду с условиями работы доминирующее влияние оказывает качество поверхностного слоя, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами. В связи с увеличением скоростей относительного движения элементов рабочих органов машин и механизмов, повышением нагрузок и температур, роль качества поверхностного слоя неизмеримо возросла. Исходя из этого возникает актуальная проблема установления взаимосвязи параметров качества поверхностного слоя и эксплуатационных свойств как в процессе эксплуатации так и на стадии проектирования узлов и механизмов.

В настоящее время имеются многочисленные исследования по выявлению взаимосвязи параметров качества поверхностного слоя и износа, таких как шероховатости, волнистости, твёрдости, остаточных напряжений. И если на вопрос о их влиянии получен однозначный ответ, то о влиянии отклонений, возникающих при изготовлении и сборке сопрягаемых деталей этого сказать нельзя. Вопрос влияния этих отклонений на износ не нашел должного отражения в известных работах по изучению процесса изнашивания, что и объясняет отсутствие в имеющихся методиках расчетов на износ сопрягаемых деталей коэффициентов, учитывающих влияние выходных параметров технологического процесса изготовления и позволяющих производить его количественную оценку, что снижает достоверность полученных данных и затрудняет решение вопроса управления процессом формирования принятых параметров работоспособности.

Этим и объясняется актуальность поставленной в работе цели.

Цель исследования. Изучение закономерностей влияния технологических факторов, при выбранных конструктивных, на износ и на основании полученных результатов разработка инженерной методики прогнозирования и управления износом, рекомендаций по повышению износостойкости сопряженных поверхностей в зависимости от технологического обеспечения, конструктивного решения и конкретных условий работы узла или механизма.

Методы исследования. Поставленные в работе теоретические задачи решались с применением теории абразивного изнашивания. Экспериментальные исследования по определению износа сопряженных деталей узла трения-скольжения проводились с помощью специальной оснастки и специальной экспериментальной установки, позволяющих моделировать технологические, конструктивные и эксплуатационные параметры. Сравнительные эксперименты исследования износостойкости образцов, обработанных различными технологическими методами осуществлялись на машине трения СМД-2. Применение планируемых многофакторных экспериментов позволило получить результаты в виде соответствующих математических моделей. Обработка и анализ теоретических и экспериментальных данных проводились с помощью ЭВМ.

Математические модели процесса изнашивания, устанавливающие функциональную зависимость износа от технологических, конструктивных и эксплуатационных параметров, их анализ и количественная оценка базировались на основных положениях теории вероятностей и математической статистики.

Научная новизна. Заключается в комплексном подходе к проблеме обеспечения надёжности и долговечности деталей узлов трения-скольжения с учетом технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов. В результате проведённых исследований аналитически обоснована и экспериментально доказана роль технологических факторов, формируемых процессами изготовления и сборки данных узлов, при выбранных конструктивных, в процессе изнашивания пар трения-скольжения. Аналитически описана функциональная взаимосвязь износа поверхности трения и этих факторов, произведена её количественная оценка, разработаны технологические рекомендации по повышению износостойкости поверхностей.

Практическая ценность. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработаны технологические рекомен-

цали, которые позволяют:

- повысить износостойкость деталей сопряжения типа вал-шестерня, за счет обоснованного выбора технологического процесса их механической обработки;
- выбрать оптимальный метод обработки опорных поверхностей узла трения-скольжения, позволяющий обеспечить необходимую износостойкость;
- рассчитывать, на стадии проектирования износ сопряженных поверхностей в зависимости от метода обработки и сборки деталей узла трения-скольжения;
- производить количественную оценку влияния технологических и конструктивных параметров на износ, устанавливать их обоснованные пределы, направления и резервы повышения износостойкости пар трения.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на:

- VII, VIII, IX, X научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Читинского политехнического института. Чита, 1982, 1983, 1984, 1985 гг.;
- научно-технической конференции "Повышение эксплуатационных свойств деталей машин технологическими методами". Иркутск, 1980;
- III областной конференции "Молодёжь Забайкалья науке и производству". Чита, 1980;
- XXIV Республиканской научно-практической конференции "Повышение эффективности обработки конструкционных материалов". Улан-Удэ, 1985.

По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ, отчеты по НИР.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы и приложений, и изложена на 213 страницах, в том числе содержит 120 страниц машинописного текста, 53 рисунка, 31 таблицу, список литературы из 118 наименований и приложения на 25 страницах.

В первой главе рассматривается состояние проблемы изнашивания сопряженных поверхностей деталей узлов трения-скольжения. На основании анализа литературных и производственных данных установлены основные закономерности процесса изнашивания, показана роль в нем параметров качества поверхностного слоя. Установлено, что в известных работах и инженерных методиках расчетов

на износ отсутствует оценка влияния отклонений геометрической формы сопряженных деталей и их расположения, возникающих при изготовлении и сборки узлов трения, что снижает достоверность расчетов, не позволяет осуществить прогноз и управление процессом изнашивания. Известные методики расчетов на износ разнообразны и не всегда охватывают необходимый комплекс факторов, имеющих место в реальных узлах трения, используется традиционная схема исследования на износ, которая не позволяет в полной мере моделировать реальный узел трения и даёт лишь сравнительные результаты. В работах отсутствует комплексный подход к оценке влияния технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов.

В соответствии с результатами анализа и целью исследования необходимо было решить следующие основные задачи:

- разработать теоретическую модель процесса изнашивания, описывающую функциональную взаимосвязь технологических факторов при выбранных конструктивных. Для этого рассмотреть задачу формирования эллипсы давлений на поверхности трения с учетом комплекса отклонений, определяющей износ реального профиля поверхности трения;
- провести теоретические исследования обобщенного выражения, описывающего износ поверхности, определить характер и закономерности влияния технологических факторов при заданных конструктивных;
- экспериментально проверить результаты теоретического исследования и оценить влияние технологических факторов - отклонений геометрической формы на износ;
- провести комплексные экспериментальные исследования закономерностей формирования исходных параметров работоспособности узла трения с учетом их технологического обеспечения, конструктивного решения и условий работы;
- получить эмпирические зависимости, описывающие взаимосвязь параметров работоспособности и комплекса факторов и пригодные для прогнозирования и управления их формированием;
- дать рекомендации по обоснованному выбору комплекса факторов способствующих повышению износостойкости деталей узла трения на стадии его проектирования.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию процесса изнашивания сопряженных поверхностей узла трения-скольжения с учетом влияния технологических и конструктивных факторов.

Как показали результаты первой главы, в ранее проведенных исследованиях влияние факторов, возникающих в ходе изготовления узла трения, таких как: величина и вид отклонения геометрической формы, отклонения от прямолинейности и срезности, при принятых конструктивных факторах оценивалось приближенно, путем введения укрупненных коэффициентов в расчетные зависимости.

В реальных условиях работы узлов трения, сопрягаемые поверхности всегда имеют отклонения от правильного геометрического профиля и взаимного расположения. За счет этого соприкосновение поверхностей носит дискретный характер, что формирует реальную картину распределения давлений, отличную от эпюры при контакте абсолютно правильных поверхностей. Учитывая зависимость износа от давления на поверхности трения, которая по проф. Проникову А.С. описывается выражением: $U = k \cdot P^m \cdot V^n \cdot t$, была поставлена задача - исследовать распределение этого давления при конкретных сочетаниях технологических и конструктивных факторов и на основании полученных результатов сделать вывод о влиянии этих факторов на износ контактирующих поверхностей и возможности использования результатов для управления процессом изнашивания в требуемом направлении.

Изменение взаимного расположения поверхностей и наличие на поверхности трения отклонений геометрического характера приводит к изменению траектории движения любой произвольной точки профиля вала в поперечном сечении. Это обуславливает изменение текущего радиуса профиля в плоскости сечения $n-n$ из-за наличия отклонений, возникающих при обработке и сборке (см. рис. I).

Для приближенного математического описания профиля реальной поверхности вала был принят ряд Фурье, члены которого выражают макроотклонения:

$$\rho_n = \rho_0 + \Delta \rho_n \cdot \cos K_n \varphi$$

где ρ_0 - средний радиус профиля вала; $\Delta \rho_n$ - амплитуда изменения текущего радиуса профиля вала; K_n - число выступов на поверхности; φ - угол поворота сечения.

Текущий радиус в плоскости сечения $n-n$ получает приращение, величина которого зависит от наличия и взаимодействия отклонений, и уравнение, описывающее профиль поверхности принимает вид:

$$\rho_i = \rho_n + \Delta \rho_i$$

где ρ_i - текущий радиус профиля вала; $\Delta\rho_i'$ - приращение текущего радиуса.

Теоретический анализ закономерностей изменения текущего радиуса профиля вала в поперечном сечении проводился для трёх случаев наличия отклонений.

На рис. I приведена расчетная схема узла трения, имеющего комплекс отклонений: δ - отклонение от соосности; γ - отклонение от прямолинейности.

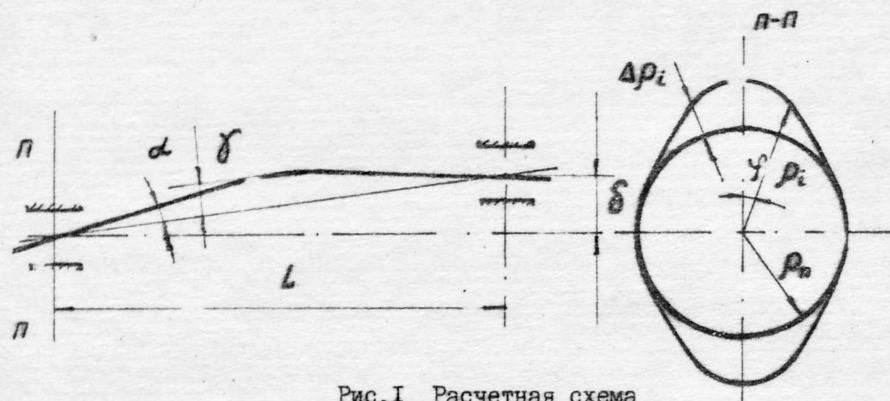


Рис. I Расчетная схема

В результате теоретического исследования была получена зависимость, описывающая взаимосвязь текущего радиуса и отклонений, вызванных изготовлением и сборкой узла трения при принятых конструктивных факторах.

$$\Delta\rho_i' = \rho_n \cdot \cos \varphi \cdot H,$$

где H - коэффициент, учитывающий влияние имеющихся отклонений.

При наличии только отклонений от соосности - δ :

$$H = \delta \cdot \sin \alpha / L.$$

При наличии только отклонений от прямолинейности - γ :

$$H = 2 \gamma^2 / L \sqrt{(L/2)^2 + \gamma^2}.$$

При наличии комплекса отклонений :

$$H = 2(\delta/2 + \gamma \pm \Delta)^2 / L \sqrt{(L/2)^2 + (\delta/2 + \gamma \pm \Delta)^2}.$$

Полученные зависимости выражают взаимосвязь технологических и конструктивных факторов с текущим радиусом кривизны профиля в поперечном сечении, предопределяя дискретный характер контакта

сопряженных поверхностей.

Для установления взаимосвязи между этими факторами и эпюрой давления на поверхности трения, с учетом полученных результатов, был выполнен силовой анализ расчетных схем, который позволил получить обобщенное уравнение износа:

$$U = K \left\{ [(p_0 + B)(q \cdot \ell_0 \cdot \cos \frac{\pi}{2} \varphi + x \cdot B^2)]^m + [A(q \cdot \ell_0 \cdot \sin \frac{\pi}{2} \varphi + x \cdot B^2)]^m \right\} \cdot V^n \cdot t,$$

где q - распределённая нагрузка по среднему радиусу профиля; ℓ_0 - длина дуги по среднему радиусу в пределах угла охвата φ_0 ; x - коэффициент пропорциональности жесткости и текущего радиуса профиля; A и B - коэффициенты, учитывающие технологические и конструктивные факторы, равные соответственно:

$$A = \Delta p_n \cdot K_n \cdot \sin K_n \varphi + p_0 \cdot H \cdot \sin \varphi + \Delta p_n \cdot H \cdot \cos K_n \varphi \cdot \sin \varphi + \Delta p_n \cdot H \cdot K_n \cdot \sin K_n \varphi \cdot \cos \varphi$$

$$B = \Delta p_n \cdot \cos K_n \varphi + p_0 \cdot H \cdot \cos \varphi + \Delta p_n \cdot H \cdot \cos K_n \varphi \cdot \cos \varphi.$$

Анализ обобщенного уравнения с помощью ЭВМ позволил сделать вывод о том, что технологические и конструктивные факторы оказывают доминирующее влияние на формирование эпюры давления на поверхности трения, а значит и на износ, и дать его количественную оценку. Технологические факторы, в общем случае, оказывают отрицательное влияние на износ поверхности трения, что характеризуется явно выраженной дискретностью контакта трущихся поверхностей. Диаметральный зазор, как один из конструктивных факторов, способствует компенсации отрицательного влияния отклонений технологического характера. Было также установлено, что путём обобщенного выбора технологических и конструктивных факторов, можно в общем случае управлять процессом изнашивания сопряженных поверхностей.

В третьей главе представлены основные методические положения и результаты экспериментальных исследований влияния отклонений геометрической формы, как одного из факторов технологического характера, на износ поверхностей трения.

С целью получения зависимости, позволяющей установить эту взаимосвязь использовалось многофакторное планирование эксперимента. Исследования выполнялись по традиционной схеме "диск-ко-

лодка". Моделирование исходных отклонений геометрической формы в виде овала и огранки, различных по величине, осуществлялось с помощью специальной разжимной оправки, на которой образцы - кольца разжимались быстросменными кулачками. Измерение отклонений геометрической формы и величины износа кольца до и после экспериментов проводилось контрольно-измерительным приспособлением непосредственно на станке. Описание устройств даны в диссертации. Поверхность трения кольца подвергалась четырём видам отделочной обработки - шлифованию, суперфинишированию, полигованию и виброобкатыванию.

Математическая обработка результатов планируемых экспериментов с помощью ЭВМ позволила получить модели процесса изнашивания.

шлифование

$$U = 6.07 \Delta p_n^{0.48} K_n^{-0.41} P^{0.63} V^{0.65}$$

полирование

$$U = 4.45 \Delta p_n^{0.28} K_n^{-0.15} V^{0.65} P^{0.78}$$

суперфиниширование

$$U = 2.05 \Delta p_n^{0.20} K_n^{-0.16} P^{0.69} V^{0.88}$$

виброобкатывание

$$U = 1.70 \Delta p_n^{0.30} K_n^{-0.20} V^{0.98} P^{0.80}$$

Анализ этих моделей позволил сделать вывод, что независимо от окончательного метода обработки поверхности трения, сущность процесса изнашивания поверхностей, на которых имеются отклонения геометрической формы, остаётся одной и той же. Факторы оказывают существенное, однозначное влияние на износ при всех методах обработки, их показатели степеней близки по величине. Но, поскольку, эти методы обработки формируют отличающиеся друг от друга параметры качества поверхностного слоя, интенсивность износа у поверхностей различна, что учитывается величиной коэффициента.

Однако полученные результаты, подтверждая предпосылки теоретического исследования, в общем случае позволяют производить лишь косвенную оценку явлений, имеющих место при износе поверхностей с отклонениями геометрической формы и дать ответ о значимости влияния этих отклонений.

Традиционная схема "диск-колодка", которая используется в научных исследованиях процессов трения, ограничивает возможности моделирования условий работы реального узла трения, что снижает достоверность полученных результатов. Поэтому, с целью

полной оценки явлений, имеющих место при работе реального узла, было проведено комплексное экспериментальное исследование его работоспособности.

В четвертой главе представлены основные методические положения и результаты комплексного исследования параметров работоспособности узла трения. Изучение отдельных явлений и технологических особенностей процесса обеспечения качества изделия, позволило достаточно полно и достоверно прогнозировать и оценивать картину сложного процесса формирования принятых параметров работоспособности.

При выполнении экспериментальных исследований все факторы, разделённые на технологические, конструктивные и эксплуатационные были разбиты на две группы – регулируемые и нерегулируемые. Они включают в себя комплекс факторов в той или иной степени влияющих на выходные параметры работоспособности. •

К регулируемым были отнесены такие, которые могут быть заданы количественно, явно и изменены в требуемом интервале. Это такие факторы как – отклонение геометрической формы вала – $\Delta\rho_n$; количество выступов на поверхности трения – K_n ; отклонение от прямолинейности – γ ; отклонение от соосности – δ ; – (технологические факторы); диаметральный зазор – Δ ; – (конструктивный фактор); скорость относительного движения – V ; давление на поверхности трения – P ; – (эксплуатационные факторы).

К нерегулируемым были отнесены факторы, которыми не представляется возможным варьировать явно и для оценки их влияния необходим комплексный коэффициент. К этим факторам были отнесены – построение технологического процесса механической обработки вала – K_1 ; вид финишного метода обработки – K_2 ; состояние поверхности трения (термическое упрочнение) – K_3 ; материал опоры – K_4 ; вид смазки – K_5 . С учетом того, что все эти перечисленные факторы оказывают влияние на принятые параметры работоспособности, комплексное исследование проводилось в два этапа.

Первый этап – установление функциональной взаимосвязи параметров работоспособности и регулируемых факторов, получение математических моделей, анализ и количественная их оценка и подтверждение теоретических предпосылок второй главы. Он осуществлялся путём реализации многофакторного планирования.

В качестве основного выходного параметра работоспособности был принят износ поверхности трения сопрягаемых деталей узла -

U . В качестве дополнительных - температура узла трения - $T^{\circ}C$, время её стабилизации - τ и уровень вибрации узла - f . При этом было сделано допущение, что окончанием приработочного режима граничного трения соответствует стабилизация температуры узла на определенном уровне.

Для выполнения экспериментальных исследований была изготовлена специальная установка, с помощью которой можно моделировать перечисленные регулируемые факторы и осуществлять их варьирование в соответствии с разработанной матрицей планирования типа 2^{7-3} и условиями эксперимента.

В общем виде функциональная зависимость принятых выходных параметров была описана выражением:

$$(U; T^{\circ}C; \tau; f) = C \cdot \Delta \rho_n^x \cdot k_n^y \cdot \gamma^z \cdot \delta^n \cdot \Delta^q \cdot p^j \cdot v^t \cdot K,$$

где K - комплексный коэффициент, учитывающий влияние нерегулируемых факторов, принятый равным единице, на этом первом этапе исследований, при следующих основных (базовых) условиях его выполнения; - материал вала - сталь 45 ГОСТ 1050-74, опоры - Бр.АЖ9-4 ГОСТ 18175-76; твердость поверхности трения вала HRC 45...50; - окончательный метод обработки поверхности вала - тонкое шлифование, предшествующий метод - предварительное шлифование; - смазка - масло Индустриальное И20А ГОСТ 20799-75; - отношение $l/d = 0,6$.

В результате выполненных экспериментов было установлено, что технологические факторы оказывают существенное влияние на все принятые параметры как в условиях приработочного режима так и нормального. Также было показано, что путём обоснованного выбора и регламентирования технологических факторов при заданных конструктивных и эксплуатационных факторах можно управлять процессом изнашивания сопряженных поверхностей или другими оптимизируемыми параметрами работоспособности, выявлять резервы и направления повышения надежности и долговечности. Эти результаты подтвердили предпосылки теоретической части и её выводы об основных закономерностях процесса изнашивания с учетом влияния технологических факторов.

Полученные математические модели позволяют производить комплексную оценку влияния каждого из принятых регулируемых факто-

ров на вибрации узла трения. Доминирующее влияние оказывает диаметральный зазор в сопряжении вал-втулка. С его увеличением в определённых пределах уровень вибрации уменьшается. Было показано, что это явление обусловлено изменением жесткости сопряжения как результат изменением собственной частоты колебаний. Установлено, что в результате приработочного износа за счет увеличения расчетного зазора происходит снижение уровня вибрации до 10...12 %.

При выполнении экспериментальных исследований первого этапа моделирование отклонений геометрической формы осуществлялось путём упругого деформирования образца в виде кольца, с помощью специальной оснастки, описание которой приведено в диссертации. При этом в его поверхностном слое формировались напряжения растяжения. Как ранее было установлено, эти напряжения оказывают отрицательное влияние на износ поверхности трения, за счет чего в результате экспериментов вносилась ошибка опыта. В работе она была экспериментально исследована и оценена. Для учета этой ошибки разработана номограмма. Результаты исследования показали, что эти напряжения оказывают существенное влияние на износ трущихся поверхностей.

Второй этап комплексного экспериментального исследования посвящен установлению количественной оценки, весовой значимости нерегулируемых факторов.

В общем виде коэффициент, учитывающий влияние этих факторов был выражен как :

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

В качестве выходного параметра при исследовании нерегулируемых факторов был принят износ поверхности трения. Исследование их взаимосвязи осуществлялось путём выполнения однофакторных экспериментов и сравнительного анализа результатов опытов. Они выполнялись по схеме "диск-колодка" на машине трения СМД-2. Определение износа проводилось методом искусственных баз.

Для реализации запланированного комплекса экспериментов была разработана технологическая схема обработки образцов, которые учитывала весь перечень нерегулируемых факторов, с учетом принятых на первом этапе исследований "базовых" условий.

В результате математической обработки результатов экспери-

ментов были установлены численные значения коэффициентов. Они показали, что в процессе формирования эксплуатационных свойств поверхностного слоя немаловажное значение имеет явление технологической наследственности, проявляющееся во влиянии предшествующих финишным методам обработки. Так, если финишному методу обработки предшествует не абразивная обработка (шлифование), а обработка резцами, оснащенными сверхтвёрдым режущим материалом, то износ поверхности уменьшается на 10%. Это связано с формированием в поверхностном слое напряжений сжатия и его упрочнением. Были выявлены наиболее рациональные методы обработки поверхностей трения, формирующие высокие эксплуатационные свойства поверхностного слоя. Применение суперфиниширования брусками из эльбора на металлических связках и виброобкатывания позволяет снизить износ поверхности трения на 30...40 %. Оценка влияния вида смазки на износ позволила сделать вывод, что применение масел с более высоким знаменателем кинематической вязкости обеспечивает повышение работоспособности узла трения.

В пятой главе даны практические рекомендации по обеспечению требуемой износостойкости, как одного из параметров надёжности и долговечности, с учетом влияния технологических и эксплуатационных параметров при принятых конструктивных. Даны технико-экономические расчеты производственного внедрения результатов исследования на Дарасунском заводе горного оборудования при изготовлении пневмомоторов типа ДАР и на Читинском машиностроительном заводе. при изготовлении холодильных машин.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Теоретически исследованы закономерности процесса изнашивания поверхности деталей узла трения-скольжения и установлена функциональная взаимосвязь между технологическими параметрами, обусловленными технологическими процессами обработки и сборки, и износом поверхностей трения.

2. Теоретически показана возможность управления процессом изнашивания путём варьирования технологическими и конструктивными параметрами.

3. Результаты экспериментальных исследований позволили получить эмпирические зависимости, подтверждающие значительное влияние технологических параметров на износ поверхностей трения и подтвердить предпосылки теоретической части.

4. На основании выполненного комплекса исследований получены и оценены математические модели, описывающие принятые параметры работоспособности, которые могут быть использованы для прогнозирования работоспособности узла трения как в прирабочном так и нормальном режиме работы.

5. Разделение всего комплекса действующих факторов на регулируемые и нерегулируемые, позволило получить количественную оценку тех явлений, которые имеют место при работе реального узла трения-скольжения.

6. Экспериментально выявлены оптимальные технологические методы обработки поверхностей трения, позволяющие формировать необходимые эксплуатационные свойства, повышающие долговечность этих поверхностей.

7. Экспериментально установлено наличие явления технологической наследственности в формировании эксплуатационных свойств.

8. Экспериментально определена количественная оценка влияния факторов, обусловленных методами технологического обеспечения, конструктивного решения, условиями работы.

9. Экспериментально оценено влияние напряжений в поверхностном слое на износ, которое учтено в проведенных исследованиях.

10. Теоретически и экспериментально показана возможность повышения износостойкости за счет варьирования технологическими и конструктивными параметрами.

11. Теоретически обоснована и экспериментально установлена функциональная зависимость вибрации узла от величины диаметального зазора в сопряжении вал-втулка.

12. На основании проведенных исследований разработаны практические рекомендации по обеспечению принятых параметров работоспособности.

Внедрение рекомендаций на Читинском машиностроительном заводе при отделочной обработке опорных шеек ведущего и ведомого роторов винтовых холодильных машин и на Дарасунском заводе горного оборудования при обработке опорных шеек роторов пневмомоторов позволило в целом сократить износ трущихся поверхностей

сопряженных деталей от 10 % до 35 %, выбрать оптимальный технологический процесс отделочной обработки опорных шеек роторов, стабилизировать температурный режим работы узла и снизить уровень вибрации на основной частоте вращения ротора.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах :

1. Кулинич Т.А. К вопросу обеспечения высокой точности деталей машин.- В сб.: Труды Читинского политехнического института (машиностроительный факультет). Чита, 1980, с.49-52.

2. Кулинич Т.А. К вопросу технологического обеспечения качества деталей машин.- В сб.: Повышение эксплуатационных свойств деталей машин технологическими методами. Иркутск, ИПИ, 1980, с.90-91.

3. Кулинич Т.А. Качество поверхности и надёжность деталей машин.- В сб.: Труды молодых ученых и специалистов Забайкалья. Чита, 1984, с.137-139.

4. Кулинич Т.А. Влияние технологического параметра на износ поверхности деталей.- В сб.: Динамика, прочность и надёжность в машиностроении. Чита, 1984, с.97-99.

5. Кулинич Т.А. Технологический параметр при износе сопряженных деталей.- В сб.: Повышение эксплуатационных свойств деталей машин и инструментов. Иркутск, ИПИ, 1984, с.110-113.

6. Кулинич Т.А. К вопросу теоретического исследования закономерностей изнашивания сопряженных деталей узла трения типа вал-втулка. Тез.докл. Республиканской научно-практической конференции. Повышение эффективности обработки конструкционных материалов. Улан-Удэ, 1985, с.33-35.

11/19



Тип. МБТУ им. Н.Э.Баумана, объём I п.л., тир. 100 экз.

ФД № 06259 Подп. к печати 12.07.85 г. Зак. № 3871