

M287712
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им. Г. В. БАУМАНА

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

СМОЛЯНИКИН Геннадий Васильевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАКРОПРИБАБОТКИ НА
ИЗНОС ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
ПАРАМЕТРЫ СТАНКОВ

(05.03.01 - Металлорежущие станки и автомати-
ческие линии)

а в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 1976 г.

Работа выполняется в Московском высшем техническом училище

им. Н.В. Баумана

Научный
руководитель

- доктор технических наук,
профессор А.С.ПРОНИКОВ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ

- доктор технических наук,
профессор Д.Н.ГАРКУНОВ

- кандидат технических наук,
ст.научный сотрудник
В.Г.НАХАПЕТЯН

ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

- Московский станкостроитель-
ный завод "КРАСНЫЙ ПРОЛЕТАРИЙ"

" 28 " июня 1976г.

Листа К-33/1 по
Д.Баумана
л., 5.

экземплярах, заверенных
адресу.

Библиотеке МВТУ

1976г.

МЕЛЬНИКОВ Г.Н.

M287712

Актуальность работы. Важнейшей задачей предстоящего периода развития народного хозяйства СССР в 10-й пятилетке является повышение качества выпускаемой продукции. В Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976-80 гг., утвержденных XXV съездом КПСС, указано на необходимость "значительно улучшить качество выпускаемых машин, оборудования, ... повысить их технический уровень, производительность, надёжность". Особенно это относится к технологическому оборудованию, в частности, к металлорежущим станкам, т.к. от их технологической надёжности зависит качество выпускаемой на них продукции.

Большие резервы повышения технологической надёжности металлорежущих станков могут быть вскрыты при исследовании начального периода их эксплуатации, когда происходит приработка основных подвижных сопряжений, характеризующаяся интенсивным их износом и ускоренным ухудшением функциональных параметров станка.

В данной работе сделана попытка исследования наиболее нежелательного вида приработки, вызванного несоответствием реальной макрогеометрии сопряженных деталей с идеальной. В результате неполного макроконтakta трущихся поверхностей деталей станков в местах их контактирования возникают повышенные удельные давления и их износ протекает интенсивно. Повышенные давления способствуют появлению недопустимых видов изнашивания в условиях схватывания материалов, что вызывает отказы функционирования станков, интенсивный же износ деталей станков приводит к ускоренному ухудшению их выходных параметров, что приводит к параметрическим отказам станков.

Целью работы является исследование влияния макроприработки, вызванной отклонениями формы и расположения трущихся поверхностей, на их износ и функциональные параметры станков.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: 1) выявить причины возникновения макроприработки; 2) провести теоретический анализ процесса макроприработки; 3) экспериментально проверить точность теоретических расчётов макроприработки сопряжений; 4) определить связь между отклонениями формы и расположения трущихся поверхностей, временем их макроприработки и временем обкатки механизмов; 5) исследовать влияние макроприработки на функциональные параметры станков.



Методы исследования. Теоретическое исследование проводилось на основе положений теории надежности машин с учетом физических процессов, протекающих при трении и изнашивании деталей машин. Экспериментальные исследования проводились как в лабораторных условиях по исследованию макроприработки трущихся поверхностей, так и в производственных условиях по определению влияния макроприработки базовых трущихся поверхностей горизонтальных 6-ти шпиндельных автоматов мод. 1А225-6 и полуавтоматов с ЧПУ мод. 1Б/32 Ф3 на их функциональные параметры. Обработка и анализ экспериментальных данных производились методами теории вероятностей и математической статистики.

Научная новизна. В работе сделана попытка создать методику расчёта макроприработки плоских трущихся поверхностей. Предложена методика испытания плоских трущихся поверхностей на макроприработку в лабораторных условиях и методика прогнозирования протекания изнашивания трущихся поверхностей по данным протекания их макроприработки. На основе общего методического подхода по прогнозированию технологической надежности станков предложен методический вариант прогнозирования изменения точности станков с учетом макроприработки их трущихся поверхностей.

Практическая ценность работы заключается в том, что на основе методики расчета макроприработки плоских трущихся поверхностей может быть решен ряд практических задач – определение оптимальных предельных отклонений формы деталей машин подвижных сопряжений, определение времени обкатки сопряженных поверхностей, механизмов и узлов станков, а также, при необходимости, всего станка. Исследование макроприработки сопряжений станков позволило вскрыть резервы по повышению их технологической надежности на стадии проектирования и изготовления.

Апробация работы. Из мест апробации работы, где материалы диссертации были доложены и обсуждены, можно назвать: 1) научно-теоретический семинар кафедры "Станки и автоматы механооборочного производства" ГВТУ им. Н.Э.Баумана (декабрь 1974г.); 2) заседание кафедры "Станки и автоматы механооборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана (декабрь 1975г.); 3) работа о материалах диссертации, представленная на конкурсе молодых ученых и специали-

● ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

М В Т У
И. Н. Э. Баумана

стов МВТУ им. Н.Э.Баумана 1975г. заняла первое место по факультету "Автоматизация и механизация производства" и третье место по МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Основной материал диссертации опубликован в трех статьях.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключительной части, состоящей из выводов, и содержит 116 страниц машинописного текста, 26 таблиц, 57 рисунков, список литературы из 118 наименований.

Во введении работы вскрывается актуальность исследования технологической надежности металлорежущего оборудования в плане решений XXV съезда КПСС по повышению качества и надежности изделий народного хозяйства вообще и станкостроения в частности.

В I главе дается литературный обзор по вопросам исследования геометрических характеристик качества поверхности деталей машин и их влияния на процесс изнашивания деталей и функциональные параметры машин; по исследованию изнашивания и его влияния на геометрическую точность станков и другие их функциональные параметры.

Поверхности трения деталей машин не всегда бывают подготовленными к восприятию эксплуатационных нагрузок, в результате чего возникает их приработка. Вопросы исследования геометрии поверхностей деталей машин, её трансформации в процессе эксплуатации и влияния на процесс их изнашивания занимались многие советские и зарубежные ученые: Дьяченко П.Е., Билик Ш.М., Демкин Н.Б., Дунин-Барковский И.В., Рыков Э.В., Якушев А.И., Хруцов М. М., Костецкий Б.И., Металик А.А., Тененбаум М.М., *Abbott E.F., Greenwood J.A., Finkin E.F., Peklenik J., Schmalz G.* и др.

Наиболее освещенными в литературе в настоящее время являются вопросы, связанные с исследованием шероховатости поверхностей и её влияния на эксплуатационные свойства деталей машин. Поэтому приработка трущихся поверхностей, в основном, рассматривалась с точки зрения микроприработки, которая характеризуется установлением в процессе трения и износа оптимальной шероховатости сопряженных поверхностей. Эта шероховатость не зависит от первоначальной микрогеометрии трущихся поверхностей и ей соответствует наименьшая интенсивность изнашивания.

Однако, кроме шероховатости, реальные детали машин имеют ещё отклонения формы в виде волнистости и макротоклонений. Отклонения формы деталей машин приводят к неполному контакту сопряже-

ния, в результате чего возникает его макроприработка. Процесс приработки трущихся поверхностей можно разделить на макроприработку, которая по времени занимает основное время приработки, и микроприработку (создание оптимальной шероховатости по полным поверхностям трения), которой заканчивается процесс приработки.

А.С.Проников в своих работах приработку сопряжений рассматривает также и с точки зрения макроприработки, вскрывает основные причины возникновения этого процесса, приводит примеры расчёта макроприработки трущихся поверхностей. При исследовании макроприработки и её влияния на функциональные параметры машин необходимо основываться на методы исследования процесса изнашивания, разработанные Гаркуновым Д.Н., Хрущевым М.М., Крагельским И.В., Костецким Б.И. и др. учеными.

Макроприработка, превалируя по времени над микроприработкой, является основной причиной интенсивного изнашивания деталей машин и быстрого ухудшения функциональных параметров в начале эксплуатации машин. Одним из основных функциональных параметров станков является их геометрическая точность. Исследование геометрической точности станков основывается на теории точности механизмов и теории производственных погрешностей, разработанных Бруевичем Н.Г., Бородачевым Н.А., Яхиным А.Б., Соколовским А.П., Кованом В.М., Корсаковым В.С., Балакиным Б.С., Вотиновым К.В. Особенно полно вопросы исследования геометрической точности станков и ее изменения в процессе эксплуатации отражены в работах проф. Проникова А.С..Его методический подход основывается на физических процессах, протекающих в станке и понижающих геометрическую точность станка и точность обработки. При исследовании влияния этих процессов на функциональные параметры предлагается методика испытания оборудования на технологическую надёжность.

Исследование процесса макроприработки обогатит общую методику испытания станков на технологическую надёжность, вскроет резервы повышения и сохранения точности. Подобного рода исследования помогут уже на стадии проектирования предусмотреть и конструктивно устранить влияние макроприработки на функциональные параметры станков и машин вообще, поставить на научную основу назначение режимов обкатки механизмов и оптимальных отклонений формы деталей этих механизмов, повысят точность научного прогнозирования сохранения точности станков (и других выходных парамет-

ров), что будет способствовать более правильному планированию использования оборудования на прецизионных работах, проведению мероприятий по сохранению точности и других функциональных параметров станков.

Во второй главе даются теоретические исследования макроприработки плоских трущихся поверхностей. Описывается механизм возникновения макроприработки, её отрицательное влияние на работоспособность станков, приводится классификация причин возникновения этого процесса. Основные моменты классификации причин возникновения макроприработки отражены в выводах данной работы. В основу данной классификации положено время зарождения причины появления неполного контакта трущихся поверхностей и их макроприработки по отношению ко времени создания и эксплуатации станочной системы, что дает возможность выбора методов борьбы с этим явлением, классификация которых также приведена в работе. При рассмотрении методов борьбы с макроприработкой удобно все причины возникновения этого явления также разделить на причины, вызывающие макроприработку, окончанием которой является полный контакт поверхностей, и причины, приводящие к работе сопряжения в режиме макроприработки на протяжении всего срока эксплуатации.

Расчёт времени макроприработки (общее решение) производится для поверхности с произвольным видом отклонения формы. Рассматривая приращения площади контакта, по мере износа макровыступов, исследуемой поверхности с идеальной, определяется время макроприработки $t_{ма}$:

$$t_{ма} = \frac{LBh - \int_0^L \int_0^B f(\alpha) \psi(\beta) d\alpha d\beta}{\gamma_n LB}$$

где L и B — длина и ширина рассматриваемой поверхности или её части, имеющей отклонение формы, высотой h ; γ_n — скорость изнашивания этой поверхности при нормальных условиях работы сопряженных поверхностей (при полном их контакте); $f(\alpha)$ и $\psi(\beta)$ — уравнения начального зазора между сопряженными поверхностями по длине и ширине поверхности.

Протекание процесса макроприработки (зависимость, связывающая износ детали с временем работы сопряжения) при абразивном законе изнашивания определяется выражением:

$$t = \frac{\int f(v) dv}{k v^p}$$

где k — коэффициент, характеризующий износ материала; v — ско-

рость относительного перемещения поверхностей сопряжения; P - усилие, приложенное к паре трения; $f(u)$ - функциональная зависимость, связывающая износ исследуемой поверхности с площадью контакта сопряжения.

Для определения функциональной зависимости площади контакта сопряжения от износа детали с отклонениями формы $f(u)$ необходимо аналитическое представление реальных геометрических контуров деталей. Анализ показывает, что для плоских поверхностей наиболее характерными отклонениями формы, вызывающими макроприработку, являются волнистость, вогнутость, выпуклость и линейная неплоскостность. Профиль волнистой поверхности для расчета ее макроприработки аппроксимирован синусоидой, вогнутость и выпуклость - частью синусоиды, линейная неплоскостность - прямой линией. При этом уравнения по расчету времени окончания макроприработки и протекания этого процесса приняли следующий вид:

а) для волнистости $t_{\text{ма}} = 0,5 \frac{h}{\delta n}$; (1)

$$t = \frac{h \ell \delta n}{2 \delta k v P} \left[\frac{2}{h} \sqrt{U(h-U)} - (1 - \frac{2U}{h}) \arccos(1 - \frac{2U}{h}) \right] \quad (2)$$

б) для вогнутости $t_{\text{ма}} = 0,36 \frac{h}{\delta n}$; (3)

$$t = \frac{\delta L}{\delta k v P} \left[xU - 2U \arccos \frac{U}{h} + 2\sqrt{h^2 - U^2} - 2h \right] \quad (4)$$

в) для выпуклости $t_{\text{ма}} = 0,64 \frac{h}{\delta n}$; (5)

$$t = \frac{2\delta L}{\delta k v P} \left[\sqrt{U(2h-U)} - h(1 - \frac{U}{h}) \arccos(1 - \frac{U}{h}) \right] \quad (6)$$

г) для волнистости в двух взаимно-перпендикулярных направлениях:

$$t_{\text{ма}} = 0,298 \frac{h}{\delta n}; \quad (7)$$

$$t = \frac{n_1 n_2 \ell_1 \ell_2}{\delta k v P} \left\{ 2\sqrt{U(h-U)} \arccos(1 - \frac{2U}{h}) - \frac{h}{2} (1 - \frac{2U}{h}) \left[\arccos(1 - \frac{2U}{h}) \right]^2 - 2U \right\} \quad (8)$$

д) для поверхности с линейной неплоскостностью $t_{\text{ма}} = 0,5 \frac{h}{\delta n}$; (9)

$$t = \frac{\ell \delta U^2}{2 k v P} \quad (10)$$

В формулах (1-10) n - число волн волнистости по всей длине детали, ℓ - шаг волнистости; ℓ_1, ℓ_2, n_1, n_2 - величины шагов и число выступов волнистости во взаимно-перпендикулярных направлениях; δ - ширина детали; L - длина вогнутой и выпуклой поверхностей; U - текущее значение износа.

В уравнениях (1,3,5,7,9) по определению времени окончания макроприработки коэффициент, показывающий какую часть время макроприработки трущейся поверхности имеет от времени износа этой же поверхности на величину износа h при полном контакте сопряжения, имеет определенный физический смысл. Из общего решения по расчёту макроприработки трущихся поверхностей следует, что это коэффициент формы m по Шлезингеру (по Шмальцу - фактор заполнения, по Билину - коэффициент наполнения профиля), рассмотренный применительно к макрогеометрии поверхностей. Следовательно, в общем виде уравнение для определения времени окончания макроприработки примет вид:

$$t_{ma} = m \frac{h}{\dot{y}_n} \quad (II)$$

Анализ протекания процесса макроприработки показывает, что в процессе приработки скорость изнашивания поверхностей изменяется теоретически от бесконечно большой величины до нормальной скорости изнашивания $\dot{y}_n$ (при полном контакте сопрягаемых поверхностей), т.е. происходит стабилизация скорости изнашивания. Процесс стабилизации скорости изнашивания для поверхностей, имеющих различные виды отклонений формы, протекает с различной интенсивностью. Исходя из этого можно назначить оптимальные значения времени обкатки сопряжений, после которой контакт трущихся поверхностей должен приближаться к номинальному:

$$t_{обк} = k_{обк} \cdot t_{ma} \quad (I2)$$

где $k_{обк}$ - коэффициент обкатки, показывающий долю времени обкатки от времени макроприработки, при которой после обкатки скорость изнашивания поверхности отличается не более чем 5% от скорости нормального изнашивания. В работе рекомендуется принимать значение $k_{обк}$ равным 0,6-0,9 в зависимости от вида отклонений формы.

С учётом (II) выражение (I2) примет вид: $t_{обк} = k_{обк} \frac{m h}{\dot{y}_n}$

На основе последнего выражения появляется возможность решать две производственные задачи: 1) определение времени обкатки механизмов при известном виде и величине отклонений формы; 2) назначение оптимальных предельных отклонений формы деталей

$|h|$ при регламентированном значении времени обкатки и определенном виде отклонений формы, характерного производству данных деталей. Скорости изнашивания поверхностей $\dot{y}_n$ можно определить

расчётными методами или методами испытаний деталей на износ.

Во второй главе на основе общего методического подхода по расчёту макроприработки также приводится пример расчёта процесса изнашивания сопряжения, работающего в режиме макроприработки. Узлом, имеющим подобные сопряжения, является поперечный суппорт горизонтального шестипищидельного автомата мод. 1А225-6. Как показывают расчёты процесс изнашивания сопряжений поперечного суппорта описывается параболической кривой, у которой нелинейность в большей степени выражена в начале процесса изнашивания.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям макроприработки трущихся поверхностей. Целью лабораторного исследования являлась проверка соответствия расчётной модели макроприработки экспериментальным данным.

Эксперимент проводился на машине трения МПТ-1, на верхнем коротком образце которого создавались технологические отклонения формы в виде вогнутости и волнистости. Замер первоначальной макрогеометрии образцов и контроль изменения её в процессе изнашивания производился методом профилографирования.

Коэффициент износа пары трения k , необходимый для расчётного определения протекания процесса макроприработки и её окончания для испытуемых поверхностей, определялся по данным износа нижнего образца, для чего нижний образец был сделан из материала верхнего образца. Для исключения "патологических" видов изнашивания в условиях схватывания материалов и получения наибольшей информации о макроприработке материалом образцов был выбран плохоприрабатываемый, хрупкий материал - серый чугун СЧ21-40. В процессе эксперимента производилось наблюдение за поверхностями трения, которое показало отсутствие износа выбранного материала в условиях схватывания (номинальное удельное давление в зоне контакта составляли порядка 1 кг/см^2). Значение коэффициента износа пары k определялось с учетом изменения длины её контакта по мере износа макровыступов верхнего образца. При этом:

$$k = \frac{U_n}{C} \cdot \frac{\delta}{2P} \quad (13)$$

где U_n - износ нижнего образца на его среднем участке; C - число двойных ходов машины трения; δ - ширина контакте сопряжения; P - усилие, приложенное к паре трения.

Из выражения (13) значение коэффициента износа пары, необ-

ходимого для расчётного определения протекания макроприработки, можно определить уже в начале эксперимента по данным скорости изнашивания $\frac{U_k}{c}$ нижнего образца на среднем участке, что даёт возможность по уравнениям (I-IO) сделать прогноз хода макроприработки и помогает в планировании эксперимента (установление интервалов между замерами износа образцов и количества замеров).

Закон изнашивания в течение эксперимента не изменялся (изменение коэффициента износа k случайно и не превышает 11%).

По мере наработки и износа макровыступов по статистическим данным лабораторного эксперимента строился ход процесса изнашивания вогнутой и волнистой поверхностей при трении со смазкой, содержащей абразив, и вогнутых поверхностей при сухом трении.

Проверка расчётных формул макроприработки трущихся поверхностей (I-IO) производилась по критерию Фишера и эта проверка показала, что принятую расчётную модель макроприработки с 95% вероятностью можно считать адекватной статистическим данным эксперимента.

Отклонение формы в виде вогнутости и волнистости, влияние которых на износ исследовалось в лабораторном эксперименте имеют место у реальных деталей станков. Это показано в производственном эксперименте третьей главы по определению отклонений формы направляющих полуавтоматов с ЧПУ мод. 1Б732 и 1П732 различных модификаций. Накладные планки направляющих крепятся к станине винтами. После механической обработки направляющие имеют отклонения формы в виде вогнутости и волнистости с впадинами в месте расположения винта у поверхности, перпендикулярной оси винтов, и волнистости с впадинами между винтов у поверхности, параллельной осям винтов крепления планок направляющих. Шаг волнистости равен расстоянию между винтами - 120 мм.

Определение количественных показателей отклонения формы направляющих производилось оптической линейкой мод. ИС-36. Статистическая обработка полученных эмпирических данных показала, что распределение волнистости и вогнутости несущественно отличается от распределения Релея. Кривая распределения описывается для волнистости

$$\varphi(w) = \frac{w}{(3,9)^2} e^{-\frac{w^2}{2(3,9)^2}}$$

для вогнутости $\varphi(h) = \frac{h}{(9,16)^2} e^{-\frac{h^2}{2(9,16)^2}}$

Четвертая глава посвящена исследованию влияния макроприработки трущихся поверхностей на функциональные параметры станков. Влияние макроприработки на такой выходной параметр как геометрическая точность станков исследовалась на токарном полуавтомате с ЧПУ мод. IB732 ФЗ, данные о исследовании волнистости поверхностей направляющих которых приведены в третьей главе.

При обработке на полуавтомате заготовок различной длины происходит неравномерное распределение пути трения и, как следствие, неравномерный износ направляющих по длине. Максимальная скорость изнашивания принадлежит участкам, расположенным ближе к передней бабке, минимальная — к задней бабке. Неравномерный износ направляющих создаёт непараллельность поверхностей направляющих с осью центров передней и задней бабок, в результате чего снижается геометрическая точность полуавтомата и точность обработки. Если участки с максимальной скоростью изнашивания направляющих будут иметь волнистость, выступы которой еще в большей степени увеличивают скорость изнашивания, то потеря точности полуавтоматом будет наиболее интенсивной, т.е. макроприработка будет способствовать интенсивной потере точности полуавтомата в начальный период его эксплуатации.

Влияние износа каретки на точность полуавтомата сводится к минимуму механизмом, компенсирующим износ (клин), и наладкой автомата на определенный размер. Износ рабочих поверхностей направляющих полуавтомата мод. IB732 ФЗ определялся методом искусственных баз — вырезанных лунок, которые наносились как на выступах волнистой поверхности, для определения интенсивности протекания макроприработки на длине направляющих, так и во впадинах, для установления окончания макроприработки, определения высоты волн волнистости и скорости изнашивания участков рабочих поверхностей направляющих в нормальных условиях изнашивания. По данным изменения длины лунок в работе приводятся кривые (геометрическое место точек математических ожиданий и доверительных интервалов измерений) протекания макроприработки и следующего за ней нормального износа участков с максимальной и минимальной скоростями изнашивания по длине направляющей в 1140 мм. По данным этих кривых определяется изменение неравномерности изнашивания исследуемой поверхности направляющей по длине 1140 мм, кривая которой, вследствие волнистости направляющих, имеет нелинейный начальный участок.

Аппроксимация этой кривой на участке макроприработки параболой, переходящей в прямую линию, и сравнение её с кривой изменения геометрической точности полуавтомата показало их адекватность (с вероятностью 95%). Геометрическая точность полуавтомата и её изменение в процессе эксплуатации определялась как максимальная непараллельность рабочей поверхности направляющих с осью центров передней и задней бабок на участке исследования неравномерности изнашивания направляющих в 1140 мм по показаниям миксатора, закрепленного в суппорте полуавтомата, и наконечник которого перемещается вдоль оправки, установленной в центрах. Начальный участок кривой изменения точности полуавтомата имеет нелинейный характер. По истечении макроприработки изменение геометрической точности приближается к линейному. Это показывает на влияние макроприработки рабочих поверхностей направляющих на точность полуавтомата.

В работе показывается также более сложное влияние макроприработки на функциональные параметры станков на примере изнашивания в режиме макроприработки поперечных суппортов горизонтального, 6-ти шпиндельного автомата мод. 1А225-6, расчет износа которых произведен в главе 2. Данные исследования показывают, что износ суппортов в режиме макроприработки приводит к созданию неопределенности положения суппорта с резцом в конечном его положении при резании, что снижает качество поверхности обрабатываемой детали.

На основе исследования макроприработки в работе дается методика прогнозирования протекания износа трущихся поверхностей станков в нормальных условиях работы. Так, зная вид отклонений формы и хотя бы одну точку на кривой протекания макроприработки трущейся поверхности, по уравнениям (1-10) определяется скорость изнашивания поверхности в нормальных условиях её работы (после макроприработки). На основе этого прогноза делается прогноз изменения выходных параметров станков с учетом макроприработки их базовых поверхностей. Основываясь на методике прогнозирования работоспособности машины проф. А.С.Проникова с линейным изменением параметра, в работе предлагается методический подход по прогнозированию точности станков с учетом макроприработки их базовых трущихся поверхностей. Прогноз точности полуавтомата мод. 1Б732 ФЗ, проведенный по данной методике, показал значительное влияние макроприработки направляющих на точность полуавтомата и снижение

срока его службы, вызванное макроприработкой его базовых поверхностей.

В работе даны некоторые рекомендации по снижению влияния макроприработки на выходные параметры исследуемого оборудования.

ВЫВОДЫ

1. Макроприработка деталей станков, в процессе которой происходит изменение площади контакта трущихся поверхностей, оказывает существенное влияние на сохранение станком точности обработки и другие функциональные параметры.

Причинами макроприработки могут быть конструктивные особенности пар трения, погрешности монтажа, первоначальная макрогеометрия трущихся поверхностей (погрешности изготовления) и её трансформация в процессе эксплуатации станков под действием статических и динамических нагрузок, изнашивания трущихся поверхностей, изменения температурных полей в станке и его узлах, процессов релаксации, вызывающих коробление деталей станков.

2. Расчёты времени макроприработки и анализ протекания этого процесса для типичных отклонений формы трущихся поверхностей показывают, что для быстрой прирабатываемости более предпочтительна вогнутость поверхностей по сравнению с волнистостью, линейной неплоскостностью и тем более выпуклостью. Однако скорость влияния износа вогнутой поверхности на выходные параметры станков имеет максимальное значение, как и потери в сроке службы такой поверхности.

3. Время макроприработки имеет аналитическую связь с отклонениями формы трущихся поверхностей и временем обкатки механизмов станков, в которые они входят. Расчёт времени макроприработки позволяет обоснованно назначить время обкатки механизмов станков и оценить потери начальных функциональных свойств в течение первого периода эксплуатации оборудования.

4. Экспериментальная проверка аналитических расчётов процесса макроприработки трущихся поверхностей показала, что с надёжностью в 95% можно считать расчётные значения макроприработки адекватными данным эксперимента, в процессе проведения которого закон изнашивания оставался неизменным (изменение коэффициента, характеризующего изнашивание трущихся пар, является случайным и составля-

ет не более 11%).

5. Статистические исследования отклонений формы направляющих станков с ЧПУ мод. 1Б732 и 1П732 различных модификаций показали наличие на поверхностях направляющих вогнутости и волнистости с распределением этих отклонений по закону Релея, при этом значения волнистости с вероятностью 99,78% укладываются в интервал $0 \leq W < 14$ мкм, а вогнутости — $0 \leq H_B \leq 39,2$ мкм.

6. Исследование периода макроприработки полуавтомата с ЧПУ мод. 1Б732 Ф3 показало, что на сохранение начальной точности исследуемых полуавтоматов основное влияние оказывает неравномерность изнашивания поверхности направляющей шириной 40 мм. На основании этого указаны пути по увеличению работоспособности исследуемых полуавтоматов.

7. Исследование неравномерности износа поверхности направляющей, что является следствием эсперы давлений и характера техпроцесса, показало, что скорость изнашивания на различных участках колеблется от $0,5 \frac{\text{мкм}}{\text{мес}}$ до $1,25 \frac{\text{мкм}}{\text{мес}}$. При этом участок наибольшей скорости изнашивания расположен ближе к патрону станка.

8. Эта неравномерность изнашивания направляющих усугубляется макроприработкой ее поверхностей, что сказывается на быстрой потере точности полуавтоматом. Так за 4 месяца работы полуавтомата с ЧПУ мод. 1Б732 Ф3 непараллельность исследуемой поверхности его направляющей с осью центров передней и задней бабок изменялась нелинейно с начального значения $A_0 = 34$ мкм до 41 мкм.

9. Исследования показали, что неравномерность изнашивания поверхностей направляющих непосредственно отражается на непараллельности их с осью центров передней и задней бабок и точности обработки. Поэтому проведенные расчёты периода макроприработки позволяют сделать прогноз о потере данным полуавтоматом точности в процессе его эксплуатации.

10. Исследование износа поперечных суппортов автомата модели 1А225-6 показали, что они находятся в режиме макроприработки в течение всего периода эксплуатации. Причем, если макроприработку клина по его ширине можно исключить введением операции пришабривания его по месту к сопряженным поверхностям, то исключить макроприработку по длине клина и других трущихся поверхностей поперечного суппорта можно только изменением конструкции данного узла

автомата.

12. Износ поверхностей поперечного суппорта автомата модели 1А225-6 в режиме макроприработки влияет на его выходные параметры. При износе сопряжений поперечного суппорта, с увеличением в нем зазоров, шероховатость обрабатываемых поверхностей увеличивается - изменение зазора в сопряжении на 140 мкм изменяет показатель шероховатости обрабатываемой поверхности R_a с 0,5 мкм до 1,35 мкм.

Компенсация износа клином поперечного суппорта приводит к уменьшению шероховатости. Но в результате перемещения клина относительно суппорта происходит изменение зоны контакта, что снижает жёсткость суппортов и точность их позиционирования в 1,5-2 раза.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих статьях:

1. Проциков А.С., Смолянкин Г.В. Классификация и расчёт процессов макроприработки пар трения. - Сб. "Среда и трение в механизмах" Вып. 1. Изд. радиотехнического института, Таганрог, 1974.
2. Смолянкин Г.В. Расчёт процесса макроприработки волнистой поверхности. Известия ВУЗов. Машиностроение. 1976, №2.

Всего по материалам диссертации опубликовано четыре работы.