

М 421595

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище
имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

МЕНЯЕВ Виктор Антонович

УДК 621.757-65

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРИГОНОЧНЫХ РАБОТ В СТАНКОСТРОЕНИИ

Специальность 06.02.08 - Технология машиностроения

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

Москва, 1984 г.

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

Научный руководитель - Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор
КОРСАКОВ В.С.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор НИКИТОВ А.Д.
- кандидат технических наук, доцент ГОРБУНОВ В.В.

Ведущее предприятие - Московское ПО "Станкостроительный завод им.С.Орджоникидзе

Защита состоится " ____ " _____ 1985 г. на заседании специализированного Совета К.053.15.15 в Московском высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

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

Ваши отзывы и предложения на автореферат в одном экземпляре, заверенные печатью, просим направлять по адресу.

Автореферат разослан

Ученый секретарь Совета
канд.техн.наук, доцент

Типография МВТУ. Тираж 100

Подписано к печати 5.12.1984

M 421595

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Важнейшим направлением сужения трудоемкости и себестоимости сборочных процессов в станкостроении является всемерное сокращение, а по возможности и полное устранение пригоночных работ. Их доля в структурном составе технологических процессов сборки металлорежущих станков составляет 24%.

В этих условиях большое значение имеет совершенствование технологии наиболее трудоемких и малопроизводительных методов пригонки сложнопрофилированных деталей, точное сопряжение которых осуществляется одновременно по нескольким (трем и более) плоским поверхностям, например направляющих станин-кареток, салазок-столов и т.д. Обеспечение взаимозаменяемости этих деталей за счет повышения точности их изготовления требует назначения жестких допусков менее 0,01 мм, трудно достижимых в процессе механической обработки. Использование метода групповой взаимозаменяемости здесь также невозможно поскольку вероятность совпадения различных размерных групп соответственно в каждом из сопрягаемых размеров ничтожно мала. Использование метода регулировки в силу ряда причин как организационного, так и технического порядков не всегда эффективно. Единственным экономически обоснованным методом достижения точности такого сопряжения является пригонка.

Сведение пригоночных работ до минимума неотложная задача технологов. Это значительный резерв повышения эффективности сборочного производства.

В связи с вышеизложенным актуальным является исследование и разработка методов технологического обеспечения требуемой точности комплектования сложнопрофилированных сопряжений, направленных на всемерное сокращение объема и снижения трудоемкости пригоночных работ, а также повышение эффективности сборочного производства в станкостроении.

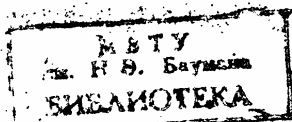
Цель работы - исследование методов снижения трудоемкости и себестоимости комплектования сложнопрофилированных направляющих металлорежущих станков на основе изучения возможности автоматизации пригоночных работ методом парной обработки сопрягаемых деталей на станках и частичного отказа от принципа взаимозаменяемости.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1421595

Меняев В. А. Исследование и



Методы исследования. Исследование процесса автоматической пригонки прямолинейных направляющих на станках с ЧПУ выполненны расчетно-аналитическими и экспериментальными методами. Теоретические зависимости параметров изучаемого процесса неразрывно связаны с основными положениями технологии машиностроения, получены с привлечением математического аппарата алгебры, аналитической геометрии, теории вероятностей и математической статистики. При реализации математической модели процесса автоматической пригонки комплектующих пар деталей применялась ЭВМ ЕС-1033. Экспериментальные исследования проводились методами теории планирования экспериментов с использованием современного оборудования и контрольно-регистрирующей аппаратуры на специально разработанной экспериментальной установке. В качестве экспериментальных образцов было взято соединение направляющих поперечного суппорта токарного многшпиндельного полуавтомата мод. ИБ240.

Научная новизна. В результате проведенной работы: 1) Выявлены закономерности протекания процесса автоматической пригонки многопараметровых сопряжений на станках с числовым программным управлением. Получены зависимости для расчета ожидаемой точности и производительности исследуемого процесса от технологических факторов и затрат времени на механическую пригонку. Установлены источники производственных погрешностей метода и разработаны рекомендации по уменьшению случайных и систематических составляющих его суммарной погрешности. 2) Установлена связь между режимами автоматической пригонки и параметрами регулярного микрорельефа, наносимого на поверхности направляющих тонкой однозубой фрезой. Получены расчетно-аналитические зависимости формирования геометрических параметров регулярного микрорельефа, исходя из заранее установленных режимов тонкого торцового фрезерования узких линейчатых поверхностей. Экспериментально доказана возможность технологического обеспечения на поверхностях направляющих скольжения регулярных микрорельефов с заданными конструктором эксплуатационными свойствами.

Практическая значимость исследования. 1) Разработан, апробирован и частично внедрен в производство новый метод тонкого сопряженного фрезерования сложнопрофилированных станочных направляющих на станках с ЧПУ. 2) На основе выявленных закономерностей разработаны рекомендации по формированию на поверхностях

пригоняемых деталей геометрических параметров регулярного микро-рельефа. 3) Разработано техническое задание на проектирование перспективного автоматизированного комплекса для механической пригонки сложнопрофилированных линейных сопряжений.

Реализация работы. Результаты работы в виде частично модернизированного горизонтально-расточного станка с ЧПУ мод.2611Ф-2 внедрены на Житомирском заводе станков автоматов. Материалы по исследованию возможности автоматизации пригоночных работ в станкостроении переданы в проектную организацию Оргстанкинпром в плане хозяйственных работ. Рабочие чертежи опытных образцов измерительно-преобразующих устройств разработанной технологической системы направлены в адреса предприятий, заинтересовавшихся материалами исследования, опубликованными МПЦНТИ.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались: на научно-техническом семинаре "Оптимизация и автоматизация финишных процессов механической обработки в машиностроении и приборостроении" (Киев, 1981г.); республиканской научно-технической конференции "Состояние и перспективы применения вычислительной техники в машиностроительных предприятиях Узбекистана" (Ташкент, 1982г.); всесоюзном научно-техническом семинаре "Опыт разработки и внедрения передовых технологических решений в области сборочного производства на предприятиях Минсельхозмаша" (Павлодар, 1982г.); республиканском научно-техническом семинаре "Эффективности и качеству - современные процессы обработки металлов поверхностным и объемным пластическим деформированием" (Лиепая, 1983г.); республиканском научно-практическом семинаре "Автоматизация процессов подготовки производства в машиностроении" (Фрунзе, 1983г.); республиканской научно-технической конференции "Повышение эффективности производства механизацией механосборочных и вспомогательных процессов в машиностроении" (Ташкент, 1983г.); научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы, механизация и автоматизация трудоемких работ" (Ижевск, 1983г.); всесоюзном научно-техническом совещании "Механизация и автоматизация сборки изделий машиностроения для агропромышленного комплекса" (Киев, 1983г.); на научном семинаре кафедры АМ-3 МВТУ им.Н.Э.Баумана, 1984 г.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 6 публикациях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы и приложения. Изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 72 рисунка, 18 таблиц, список литературы из 81 наименований.

В первой главе приведен анализ современного состояния и перспектив совершенствования технологии сборки сложнопрофилированных станочных направляющих; размерно-технологический анализ их сопряжения и обзор существующих технологических методов снижения трудоемкости и себестоимости пригоночных работ, применяемых при сборке направляющих соединений.

На основании анализа литературных и производственных материалов сделаны следующие основные выводы:

1. Несмотря на большой накопленный производственный опыт по замене шабрения высокопроизводительными методами отделочной обработки этот метод в настоящее время имеет еще достаточно широкое применение. Установлено, что наибольший объем пригоночных работ путем пришабривания сопрягаемых деталей приходится на долю комплектования сложнопрофилированных прямолинейных направляющих. Размерно-технологический анализ их сопряжения проведенный на примере сопряжения станины токарно-винторезного станка мод. 16К20 с кареткой показал, что пригонка шабрением является единственно возможным методом достижения заданной точности сборки по профилю поперечного сечения станочных направляющих.

2. Снижение трудоемкости и себестоимости комплектования сложнопрофилированных направляющих может быть достигнуто на основе использования методов компенсации погрешностей: оптимизированного подбора пригоночных деталей на ЭВМ; сборки соединений с применением полимерной компенсирующей прослойки; парной обработки деталей на металлорежущих станках. Однако, как показал анализ, наличие у данных методов ряда существенных недостатков (значительный объем незавершенного производства, удлинение цикла сборки, малая величина припуска на пригонку и т.д.) ограничивает их применение в производстве и требует их дальнейшего совершенствования.

3. Перспективным решением проблемы снижения трудоемкости себестоимости сборочных процессов в условиях серийного и мелко-серийного производства является автоматизация пригоночных работ. На ее основе возможна разработка гибких технологических

комплексов (систем) совместно действующих контрольно-измерительных машин и обрабатывающего оборудования с ЧПУ, управляемых мини-ЭВМ и осуществляющих в автоматическом режиме механическую пригонку сложнопрофилированных сопряжений.

4. Отсутствуют научные и методические основы автоматизации процесса пригонки прецизионных соединений. В частности: нет рекомендаций по построению технологических процессов сборки многопараметрических прецизионных пар деталей в условиях их автоматического комплектования на станках; нет рекомендаций по обеспечению заданной точности, надежности и производительности процесса пригонки автоматически спариваемых на станках деталей; нет рекомендаций по технологическому обеспечению на сопрягаемых поверхностях комплектуемых пар деталей заданных геометрических параметров их технологического рельефа; нет рекомендаций по выбору типа и основных технических характеристик технологического оборудования.

Во второй главе содержится изложение сущности предлагаемого метода автоматической пригонки сложнопрофилированных сопряжений на станках с ЧПУ, дано теоретическое обоснование ожидаемой точности, производительности и возможности технологического обеспечения на поверхностях спариваемых деталей геометрических параметров технологического рельефа.

Сущность предлагаемого метода состоит в следующем (см. рис.1). Специальным измерительным устройством измеряется профиль направляющих окончательно обработанной станины, сопрягаемые размеры которой размеры $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ выполнены по сравнительно широким экономически выгодным допускам. По координатам измеренных точек профиля направляющих рассчитываются фактические значения сопрягаемых параметров станины (A_{f1}) и сопоставляются с номинальными (A_{n1}), то есть $\Delta A_1 = A_{f1} - A_{n1}$. Результаты значений ΔA_1 накапливаются в памяти ЭВМ и служат для корректировки программы управления процессом тонкого фрезерования сопрягаемых поверхностей парной детали на многокоординатном станке с ЧПУ.

По окончании цикла автоматической пригонки спариваемые детали снимаются с измерительной и рабочей позиций технологической системы, после чего производится контроль качества их сопряжения и окончательная сборка.

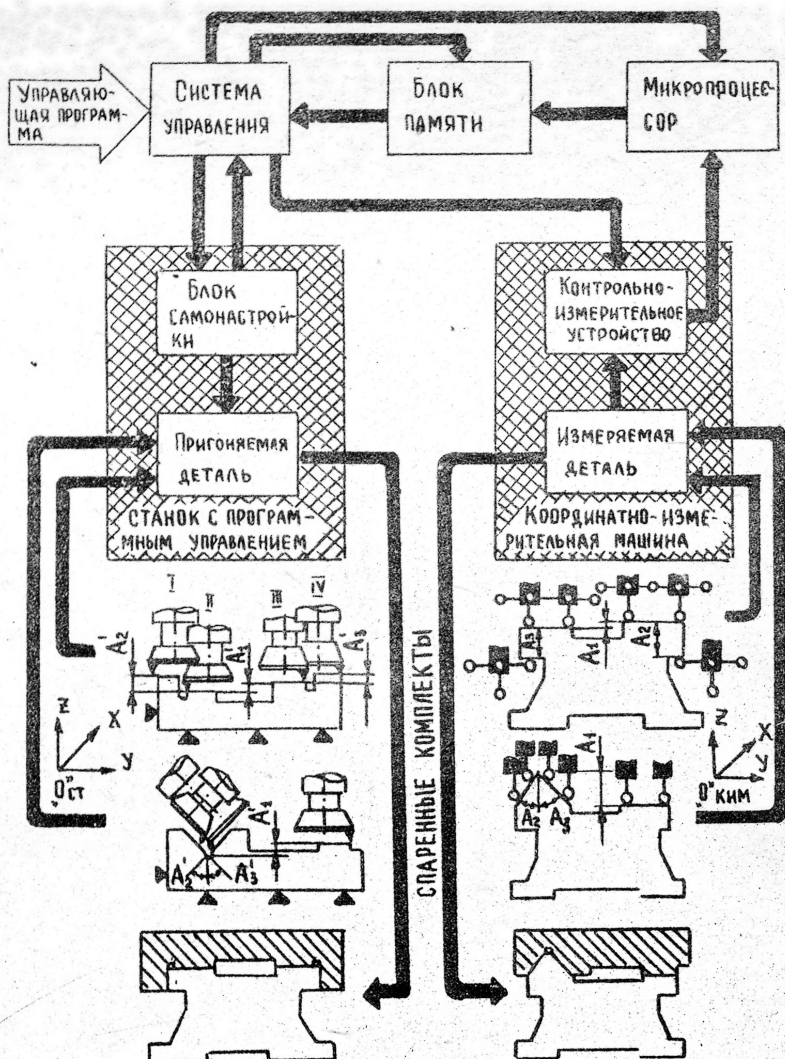


Рис.1. Сущность автоматической пригонки сложногопрофильрованных станочных направляющих.

Возможность использования метода определяется исходя из условия, что $\Delta_{\text{АП}} \leq \delta_x$, где $\Delta_{\text{АП}}$ - погрешность автоматической пригонки деталей соединения на многокоординатных станках с ЧПУ; δ_x - допуск на сборку соединения. Погрешность автоматической пригонки деталей соединения обусловлена

$$\Delta_{\text{АП}} = \sqrt{K_1 \Delta_{\text{изм}}^2 + K_2 \Delta_{\text{кор}}^2 + K_3 (\Delta_{\text{ЧПУ}}^2)}, \quad (I)$$

где $\Delta_{\text{изм}}$ - погрешность измерения параметров профиля направляющих; $\Delta_{\text{кор}}$ - погрешность обработки величин коррекций; $\Delta_{\text{ЧПУ}}$ - суммарная погрешность обработки сопряженной детали на станке с ЧПУ; K_1 , K_2 , K_3 - коэффициенты, учитывающие отклонение закона распределения подкоренных величин от нормального закона.

Исследование составляющих выражения (I) показали, что выбор измерительных преобразователей при автоматической пригонке деталей должен осуществляться исходя из обеспечения условия достоверности измерения $\Delta_{\text{изм}} \leq 0,35 \delta_x$. При этом значение $\Delta_{\text{изм}}$ определяется экспериментально в зависимости от конструктивных и метрологических особенностей средств измерения, в качестве которых могут быть использованы либо специальные измерительные шаблоны, либо координатно-измерительные машины. Значение погрешности $\Delta_{\text{кор}}$ зависит от дискретности системы управления станком с ЧПУ и по своей абсолютной величине не превышает значения одной дискреты, т.е. $\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{дискр}}$.

Суммарная погрешность механической обработки сопряженной детали на станке с ЧПУ определяется зависимостью

$$\Delta_{\text{ЧПУ}} = \sqrt{K_1 \Delta_y^2 + K_2 \Delta_n^2 + K_3 \Delta_{\text{поз}}^2 + \Delta_{\text{ст}}^2} \quad (2)$$

где Δ_y - погрешность вследствие выборки зазоров в соединениях станка под действием сил резания; Δ_n - размерный износ инструмента между смежными технологическими переходами; $\Delta_{\text{поз}}$ - погрешность позиционирования рабочего органа станка; $\Delta_{\text{ст}}$ - погрешность от геометрических неточностей станка.

Фактическая производительность автоматической пригонки направляющих соединений $Q_{\text{АП}}$ определяется суммарной величиной затрат времени на измерение базовой детали $Q_{\text{киу}}$ и затрат времени на механическую пригонку сопряженной детали на станке $Q_{\text{чпу}}$,

$Q_{\text{АП}} = Q_{\text{киу}} + Q_{\text{чпу}}$. Установлено, что основным путем повышения производительности $Q_{\text{АП}}$ является совмещение работы контрольно-

измерительного устройства и станка, достигаемое при включении в структуру технологической системы запоминающего устройства.

Теоретически обоснована возможность формирования на поверхностях деталей геометрических параметров регулярного микро-рельефа. Реализация этой возможности основана на строго перпендикулярной установке однозубой торцевой фрезы к плоскости стола станка, что позволяет режущему лезвию фрезы вступать в работу дважды:

1) при счеме ее прямой стороной основного припуска на пригонку; 2) при формировании обратной ее стороной геометрических параметров регулярного микро-рельефа. При этом фреза устанавливается ассиметрично относительно плоскости обрабатываемой узкой линейчатой поверхности, а соотношение $\frac{B}{R_{\text{фр}}}$ выбирается меньшим 1 (B – ширина обрабатываемой поверхности; $R_{\text{фр}}$ – радиус фрезы).

В результате такой установки фрезы на обрабатываемые поверхности детали наносится сетчатый рисунок с образованием в местах пересечения следов обработки регулярных по форме и расположению единичных пирамидальных микронеровностей. Их число и взаимное расположение на обрабатываемой поверхности предопределяются кинематикой и режимами тонкого фрезерования.

В соответствии с ГОСТом 24773-81 "Поверхности с регулярным микро-рельефом" были получены аналитические зависимости геометрических параметров регулярного микро-рельефа от режимов тонкого сопряженного фрезерования см. табл. I.

Таблица I.

Зависимости для расчета параметров регулярного микро-рельефа, наносимого на поверхности направляющих тонкой однозубой фрезой

Параметр	Расчетная зависимость
Число микронеровностей, приходящихся на единицу обработанной поверхности	$N = \frac{F_n}{0,5S^2 \operatorname{tg} \alpha \cos \left(1 - \frac{C}{R_{\text{фр}}} - \frac{A}{R_{\text{фр}}}\right)} \quad (3)$
Углы направления расположения микронеровностей на поверхности	$\beta = \gamma = \arccos \left(1 - \frac{C}{R_{\text{фр}}} - \frac{A}{R_{\text{фр}}}\right) \quad (4)$
Спорная поверхность	$S_{\text{оп}} = \frac{F_n \rho^2 \Phi \left(\frac{\rho}{R_{\text{макс}}}\right)}{R^2} \quad (5)$

Примечание: F_n – номинальная площадь, в мм^2 ; S – подача на оборот, в мм/об ; C – смещение плоскости фрезы относительно плоскости обрабатываемой поверхности, в мм ; p – сближение, в мм ; $\Phi(\frac{p}{R_{\text{max}}})$ – эмпирическая функция распределения микронеровностей по высоте; R – высота микронеровностей.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований технологических факторов, определяющих точность и надежность тонкого (сопряженного) фрезерования направляющих на станках с ЧПУ.

Исследования строились следующим образом. На первом этапе с целью выявления наиболее значимых технологических факторов проводились однофакторные зондирующие эксперименты, а затем проводилось их комплексное исследование. Было установлено, что наибольшее влияние на точность автоматической пригонки оказывают: рабочие характеристики бесконтактных индуктивных преобразователей; погрешность, вызываемая неточностью отработки станком величин вводимой коррекции; погрешность позиционирования рабочего органа станка.

Эксперименты проводились на смоделированной на базе горизонтально-расточного станка мод. 2611Ф-2 экспериментальной установке, позволяющей осуществлять пригонку станочных направляющих в автоматическом режиме. Была спроектирована и изготовлена технологическая оснастка, включающая бесконтактные индуктивные преобразователи, измерительный шаблон, прибор для автоматического ввода коррекции в систему числового программного управления и др. Использовался комплект контрольно-регистрирующей аппаратуры. В качестве экспериментальных образцов служило соединение направляющих поперечного суппорта токарного многошпиндельного полуавтомата нормальной точности мод. IB240. Пригонку направляющих производили по поверхностям зеркала направляющих и поверхностям под крепление прижимных планок.

Экспериментальное определение рабочих характеристик бесконтактных индуктивных преобразователей сводилось к определению следующих их основных технических характеристик: диапазона измерения; чувствительности и величины основной погрешности от нелинейности рабочей характеристики. Анализ полученных экспериментальных зависимостей позволял установить, что исследуемые

преобразователи имеют рабочий участок линейной характеристики $\delta p = 0,55$ мм при начальном номинальном зазоре $\delta_n = 0,45 \pm 0,50$ мм. Чувствительность датчиков на частоте усилителя 3,5 кГц составила 30 мм/мкм. Максимальное значение погрешности датчиков на линейном участке рабочей характеристики не превышало 2,0 мкм.

Исследование погрешности отработки величин коррекции показало, что при скорости перемещения рабочего органа $V = 300 \pm 600$ мм/мин и номинальных значениях вводимой коррекции $K = 0,01 \pm 0,3$ мм погрешность отработки величин коррекции $\Delta_{кор}$ находилась в пределах 2 ± 4 мм. Факторы влияющие на погрешность $\Delta_{кор}$ являются взаимно независимыми и случайными, подчиняющимися закону нормального распределения. Их природа идентична природе погрешностей, вносимых факторами, влияющими на точность позиционирования рабочего органа станка.

Погрешность позиционирования оказывает значительное влияние на точность автоматической пригонки спариваемых деталей. В общем балансе суммарной погрешности на ее долю приходится 35-45%. Величина $\Delta_{поз}$ зависит от времени разогрева станка, накопленной погрешности ходового винта, скорости перемещения рабочего органа станка, типа смазки и т.д.

В результате проведения однофакторных отсеивающих экспериментов была получена математическая модель формирования погрешности позиционирования рабочего органа станка при наличии исходных значений технологических факторов в виде

$$\Delta_{поз} = 0,12L + 0,2t + 0,023v - 24 \quad (6)$$

где L - величина перемещения рабочего органа станка, мм;
 t - время разогрева станка, в мин; v - скорость перемещения рабочего органа станка, в мм/мин.

Исследование точности комплектования направляющих соединений проводилось путем сопоставления двух вариантов технологического процесса: а) с неуправляемым процессом комплектования сопрягаемых деталей и б) с управляемым на основе их тонкого (сопряженного) фрезерования на станке с ЧПУ. Было установлено, что точность сопряжения деталей при управляемом процессе комплектования деталей может быть повышена в 1,5 ... 2 раза при снижении точности обработки базовой детали до 3...4 раз. Точность сборки соединений по линейным размерам составила $0,015 \pm 0,018$ мм. Плотность прилегания сопрягаемых поверхностей направляющих при 10

проверке "на краску" обеспечивалась в пределах 15 ± 18 пятен на площади 25×25 мм.

Оценка устойчивости и стабильности тонкого сопряженного фрезерования направляющих на станках с ЧПУ показала удовлетворительную надежность исследуемого процесса.

В четвертой главе изложена методика и результаты экспериментальных исследований, подтверждающих наличие зависимости между геометрическими параметрами технологического рельефа и режимами тонкого сопряженного фрезерования, а также установление зависимости между полученными значениями геометрических параметров качества обработанной поверхности и ее эксплуатационными свойствами.

Исследования выполнялись на вертикально-фрезерном станке мод. 6Р83Г. В качестве экспериментальных образцов использовались специально изготовленные из чугуна СЧ 24-44 (НВ 197-220) призматические образцы размером $100 \times 20 \times 30$ мм. На их рабочую поверхность однозубой торцевой фрезой $D_{\text{фр}} = 80$ мм, оснащенной режущей вставкой из алмаза -Р, наносился технологический микрорельеф. Переменными факторами, характеризующими условия обработки образцов являлись: скорость резания V , м/мин; подача S , мм/об; глубина резания t , мм; радиус закругления режущей кромки фрезы r , мм; смещение плоскости фрезы относительно плоскости обрабатываемой поверхности C , мм; положение оси фрезы относительно плоскости стола θ , град.

После окончания обработки исследуемой партии образцов при помощи профилографа-профилометра мод. 201 и микроинтерферометра МИИ-7 производили запись и фотографирование полученного микрорельефа рабочих поверхностей. По полученным профилограммам и фотографиям измерялись стандартизованные ГОСТом 2789-73 и ГОСТом 24773-81 геометрические параметры качества фрезерованных поверхностей: среднее арифметическое отклонение профиля - R_a , мкм; относительная опорная поверхность - t_p , в %; углы направления расположения элементов регулярного микрорельефа β , γ , в град; число элементов, приходящихся на единицу поверхности - N , в шт. Необходимая достоверность измерения геометрических параметров достигалась путем определения достаточного числа участков измерения $N_d = 10$.

В результате проведения экспериментов было установлено,

что формируемый в процессе тонкого сопряженного фрезерования двумя сторонами однозубой фрезы микрорельеф поверхности по своим характеристикам близок к регулярному. При неизменных режимах фрезерования участие в процессе резания второй стороны фрезы как выхаживающей позволяет снизить высоту микронеровностей на 25+30% и увеличить однородность продольной и поперечной шероховатости на 40+50%.

Экспериментально подтверждена возможность варьирования отдельными геометрическими параметрами регулярного микрорельефа, формируемого в процессе механической пригонки поверхностей станочных направляющих. Так, пределы варьирования для углов направления микронеровностей на поверхностях обработки составляют $0+90^{\circ}$, пределы варьирования числа микронеровностей, приходящихся на площадку в 1 мм^2 составляют 80+500 микронеровностей при изменении величины подачи с 0,04 до 0,16 мм/об.

Экспериментальные исследования по установлению зависимости между геометрическими параметрами микрорельефа фрезерованных поверхностей и их эксплуатационными свойствами проводились на специальном стенде, предназначенном для моделирования процесса изнашивания направляющих скольжения. Исследования выполнялись на образцах, изготовленных в виде параллелограммов стандартных размеров: нижний подвижный - $120 \times 15 \times 10 \text{ мм}$, верхний неподвижный - $30 \times 13 \times 10 \text{ мм}$.

Суть экспериментов сводилась к изучению износостойкости и характеристик трения поверхностей направляющих скольжения в зависимости от метода обработки и значений геометрических параметров их микрорельефа. Для этого поверхности трения образцов обрабатывались различными методами отделочной обработки: нижние - шлифовались периферией круга ($R_a = 0,32$ мкм); верхние - фрезеровались одной и двумя сторонами однозубой фрезы, шабрились и шлифовались периферией круга ($R_a = 0,63+1,25$ мкм). Эксперименты проводились при возвратно-поступательном движении образцов в условиях их граничного трения с подачей масла "индустриальное-30". Линейный износ образцов измерялся жестко закрепленным в стойке ортометра "Цейс" микрокатером 02 ИПП.

В результате исследования было доказано преимущество эксплуатационных свойств фрезерованных поверхностей над поверхностями, обработанными шабрением и шлифованием периферией круга.

Установлено, что величина линейного износа фрезерованных поверхностей в период их приработки при высоте неровностей

$R_a = 0,63 \pm 1,25$ мкм не превышает $0,2 \pm 0,4$ мкм. Период приработки поверхностей при этом составляет 150–200 м пути трения. Поверхности, обработанные методом тонкого фрезерования двумя сторонами однозубой фрезы имеют более стабильные характеристики трения. Величина коэффициента трения для них составляет 0,1 и уменьшается с увеличением углов β и γ .

В пятой главе дано описание перспективного автоматизированного комплекса для механической пригонки сложнопрофилированных сопряжений на многокоординатных станках с ЧПУ. Приведен ряд технических требований, предъявляемых к конструктивным и технологическим элементам технологического комплекса. Приведен расчет технико-экономической эффективности результатов внедрения.

Разработанная технологическая система обеспечивает снижение трудоемкости пригоночных работ в 4–6 раз и снижение себестоимости комплектования соединений в 1,2–1,4 раза. Результаты исследования позволяют успешно использовать разработанную технологическую систему в условиях ГАП.

Расчетный годовой экономический эффект от внедрения результатов исследований составляет 10697 рублей. Результаты работы внедрения на Житомирском заводе станков-автоматов с ожидаемым экономическим эффектом в 17000 рублей в год.

О Б Щ И Е В Ы В О Д Ы

1. На основании анализа существующих методов снижения трудоемкости и себестоимости сборки соединений в станкостроении разработан технологический метод точной сборки сложнопрофилированных прямолинейных направляющих, обеспечивающий возможность автоматизации процесса их механической пригонки на основе использования принципа парной обработки деталей на станках.

2. Разработана автоматическая система для механической пригонки сложнопрофилированных станочных направляющих путем их тонкого сопряженного фрезерования на станках с ЧПУ. Проведенный анализ структуры прогрессностей, возникающих в процессе автоматической пригонки комплектующих пар деталей, позволил разработать методику ожидаемой точности сборки соединений. С ожидаемая точ-

ность сборки соединений составляет: по линейным размерам - $0,015 \pm 0,02$ мм; по взаимному расположению сопрягаемых поверхностей - 10 угловых секунд.

3. Теоретически установлена возможность формирования на сопрягаемых поверхностях комплектующих пар деталей, в процессе их механической пригонки, геометрических параметров регулярного микрорельефа. На ее основе становится возможным приступить к решению задач по технологическому обеспечению заданных конструктором геометрических параметров регулярного микрорельефа, наносимого механически на поверхности направляющих.

4. Для обеспечения на поверхностях направляющих параметров регулярного микрорельефа рекомендуется установку фрезы осуществлять строго перпендикулярно плоскости стола станка. При этом соотношение ширины обрабатываемых поверхностей направляющих к радиусу фрезерной головки необходимо выбирать меньшим 1, а смещение фрезы относительно плоскости симметрии обрабатываемой узкой линейчатой поверхности равным $0,7 R_{фр}$.

5. Экспериментально подтверждена правильность сделанных теоретических выводов по обеспечению заданной точности комплектования стачных направляющих разработанным методом. При проверке "на краску" плотность прилегания сопрягаемых поверхностей направляющих составляла 15-18 пятен на квадрат 25×25 мм.

6. Экспериментально подтверждена возможность формирования на сопрягаемых поверхностях направляющих в зависимости от режимов тонкого (сопряженного) фрезерования однозубой фрезой геометрических параметров регулярного микрорельефа. Для подачи от 0,04 мм/об до 0,16 мм/об диапазон варьирования числа микронеровностей на площадке в 1 мм^2 составил 80-500 микронеровностей. Пределы варьирования углов расположения микронеровностей составили $0-90^\circ$.

7. Доказано преимущество пары трения "тонкое фрезерование двумя сторонами однозубой фрезы - шлифование периферией круга" над парами с другим сочетанием методов отделочной обработки сопрягаемых поверхностей. Период приработки поверхностей пары трения с указанным сочетанием методов составляет 150-200 м пути трения, линейный износ фрезерованных поверхностей не превышает 0,4 мкм, коэффициент трения - $0,07 \pm 0,1$.

8. Разработано техническое задание на проектирование перспективного автоматизированного комплекса для пригонки сложно-профилированных станочных направляющих на многокоординатных станках с ЧПУ.

9. Внедрение результатов исследования на Житомирском заводе станков-автоматов позволит:

- снизить трудоемкость сборки направляющих поперечного суппорта токарного многошпиндельного полуавтомата мод. ИБ240 на 70+80%;

- снизить себестоимость сборки направляющих на 20%.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологической системы для тонкого (сопряженного) фрезерования направляющих на станке с ЧПУ составит не менее 17 тысяч рублей в год.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Корсаков В.С., Меньев В.А. Совершенствование сборки деталей точных соединений. - Опыт разработки и внедрения передовых технологических решений в области сборочного производства на предприятиях Минсельхозмаша. - Тезисы докладов всесоюзного научно-технического семинара. Павлодар, 1982, с.87-91.

2. Меньев В.А., Ворожейкин Г.Н. Управление точностью и качеством обработанной поверхности в процессах поверхностного и объемного пластического деформирования. - Эффективности и качеству современные процессы обработки металлов поверхностным и объемным пластическим деформированием. - Тезисы докладов Латвийского научно-технического семинара. Рига, 1983, с.31-32.

3. Меньев В.А. Сопряженное фрезерование направляющих скольжения на станках с числовым программным управлением. - Автоматизация процессов подготовки производства в машиностроении. - Тезисы докладов республиканского научно-практического семинара. Фрунзе, 1983, с.36-37.

4. Меньев В.А., Поляков С.А. Автоматизация процесса пригонки многопараметровых сопряжений. - Повышение эффективности производства механизацией и автоматизацией механо-сборочных и

вспомогательных процессов в машиностроении. - Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. Ташкент, 1983, с.80-81.

5. Ворожейкин Г.Н., Меняев В.А. Прибор автоматического ввода коррекции размеров деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ. - Информлисток/МГЦНТИ, Москва, 1983, № 55-83, с.1-3.

6. Меняев В.А., Поляков С.А. Автоматическая система для пригонки сопрягаемых между собой деталей. - Информлисток/МГЦНТИ, Москва, 1983, № 345-83, с.1-4.

Ворожейкин

