

434070
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С С С Р

Московское

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

На правах рукописи

ГРИГОРЯН Ашот Мартунович

УДК 621.7.08

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СЧЕНКИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ
ТОЧНОСТИ ПРИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ
ИСПЫТАНИЯХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Специальность 05.03.01 – процессы механической и
физико-химической обработки, станки и инструмент

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

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

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР
ПРОНИКОВ А.С.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук,
профессор Беляев В.Г.
- кандидат технических наук,
доцент Плужников А.И.

Ведущее предприятие - МПО "Станкостроительный завод им.
С. Орджоникидзе"

Защита диссертации состоится "3" февраля 1985 г. на заседании специализированного совета К 053.15.15 в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., дом 5.

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

Ваш от... енный
печать,

Авто

Учен
специализ
к.т.

еряков

Типографи

л - 978

ати 23.12.85.

М434070

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Актуальность темы. Одной из главных задач развития машиностроения, намеченных в проекте основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года, является осуществление коренного повышения технического уровня выпускаемой продукции, увеличение доли промышленной продукции высшей категории качества в 1,9-2,1 раза, повышение надежности и ресурса работы техники. В проекте отмечено о необходимости "...Ускорить пересмотр стандартов и технических условий на продукцию, ориентируя их на высшие мировые достижения. Поднять уровень работы по аттестации промышленной продукции с тем, чтобы обеспечивалась объективная оценка качества продукции... В станкостроении и инструментальной промышленности ускорить выпуск прогрессивной техники... Обеспечить опережающий выпуск металлорежущих станков с числовым программным управлением... Увеличить производство ... современных измерительных средств автоматизации контроля".

М 434040
Большое количество механических операций металлообработки (40% от всех механических операций) осуществляется на станках токарного типа. Токарные станки с ЧПУ составляют примерно 1/3 всего количества станков с ЧПУ, выпускаемых отечественной промышленностью. Благодаря своим повышенным значениям мощности, жесткости и быстроходности, они позволяют сразу без смены баз производить черновую и чистовую обработки. Токарные станки, оснащенные контурной системой управления, наряду с обработкой цилиндрических поверхностей, предназначены для обработки деталей со сложными криволинейными поверхностями. Это прогрессивный метод, поскольку не требуется изготовления специальных приспособлений, копиров, шаблонов и т.п. Токарные станки с ЧПУ открыли также новый этап в технологии нарезания резьб резцами. Однако точность резьбонарезания и фасонной обработки на токарных станках с ЧПУ не всегда отвечают повышенным требованиям, которые предъявляет современное машиностроение к отечественному станкостроению. Это во многом связано с низкой точностью относительных движений рабочих органов, т.е. недостаточной кинематической точностью.

Применяемые в настоящее время методы для оценки кинематической точности сводятся к определению отклонения контура обра-

I

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1434070

Григорян А.М. Разработка ме



ботанной детали от номинального по результатам измерения обработанных деталей или сдупливания эталонного образца. При этом лишь констатируется факт, что данный параметр лежит в заданных пределах или выходит за требуемые значения, не выделяется кинематическая погрешность, не оценивается вероятностная природа формирования кинематической точности.

Таким образом, разработка методов испытаний токарных станков с ЧПУ по выходному параметру кинематическая точность, отвечающих современным требованиям, для чего необходимо многократное повторение статистических испытаний, получение большого числа реализаций при различных сочетаниях действующих факторов, является актуальной задачей, требующей для своего решения новых научно обоснованных методических положений и технических разработок.

Целью работы является разработка более совершенных, по сравнению с общепринятыми, методики и средств для испытания токарных станков с ЧПУ на кинематическую точность в автоматизированном режиме, учитывающих вероятностную природу действующих факторов и позволяющих определить наиболее эффективные пути повышения качества и надежности по выходному параметру кинематическая точность.

Методы исследования. В работе применялись расчетно-аналитические и экспериментальные исследования. Расчетно-аналитические исследования проводились на базе теории надежности, теории вероятностей и математической статистики, основ технологии машиностроения.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на токарном станке с ЧПУ модели I6K2033C5 с применением созданного испытательно-измерительного комплекса, позволяющего в широком диапазоне режимов работы станка в автоматизированном цикле с применением ЭВМ получать достоверную информацию.

Научная новизна работы заключается в разработке новой методики испытаний токарных станков с ЧПУ на кинематическую точность, основывающейся на установлении взаимовлияния факторов, формирующих кинематическую погрешность и характерных для станков с ЧПУ с учетом выявленных закономерности влияния кинематической точности на процесс формообразования деталей при резбонарезании и фасонной обработке.

Методика включает в себя определение областей состояния то-

карного станка с ЧПУ по выходному параметру кинематическая точность, выбор характеристик областей работоспособности и на их основе оценку технического уровня и надежности исследуемого станка по данным выходным параметрам. Научно обоснован выбор выходных параметров, экспериментальное определение которых является необходимым и достаточным условием проведения испытаний.

Практическая ценность. Разработан и изготовлен испытательно-измерительный комплекс по оценке кинематической точности токарных станков с ЧПУ. Определены области состояния и зависимости их от условий эксплуатации станка. На этой основе выбраны объем, содержание и последовательность контрольных испытаний. Даны рекомендации по надежному выполнению операций резьбонарезания и фасонной обработки на исследуемом станке. Разработаны пути повышения кинематической точности на основе баланса составляющих кинематическую погрешность.

Реализация работы. Результаты исследований прошли проверку на Ереванском станкостроительном производственном объединении и Алма-Атинском станкостроительном заводе им. "XX-летия Октября". Суточный ожидаемый годовой экономический эффект, подтвержденный актами внедрения, составил 13700 рублей.

Апробация работы. Материалы исследований и содержание диссертационной работы доложены и обсуждены на научных семинарах кафедры "Станки и автоматы" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1982-1985 гг., на республиканских конференциях: "Метрология и качество" (Ереван, 1984 г.), "Новые достижения в области приборостроения" (Ереван, 1982 г.).

Публикации. Материалы диссертационной работы изложены в четырех печатных работах, список которых приведен в конце автореферата.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка литературы из 96 наименований, приложений, содержит 113 страниц машинописного текста, 54 рисунка, 7 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении на основе документов Партии и Правительства обоснована актуальность темы, выбрана цель исследования, дана общая характеристика работы.

В первой главе дан анализ существующих методов испытаний станков по параметрам качества и надежности, показан большой вклад

в разработку и совершенствование методов испытания советских ученых В.В.Амалицкого, Н.Г.Бруевича, В.А.Кудина, А.С.Проникова, Р.Н.Решетова, В.В.Каминской, Н.А.Калашникова и др. Показана роль такого выходного параметра как кинематическая точность в формировании погрешности обработки. Дан анализ применяемых методов оценки кинематической точности станков. Отмечается большой вклад советских ученых Н.А.Калашникова, Н.Г.Бруевича, В.Г.Беллева, А.И.Плужникова и др. в области создания расчетно-аналитических методов исследований кинематической точности цепи, узлов и станка в целом. Отмечено, что существующие эти методы оценки кинематической точности станков не учитывают специфику станков с ЧПУ, не учитывают эксплуатационные факторы, формирующие кинематическую погрешность.

Испытания станков не обеспечивают, как правило, достоверности и не учитывают весь диапазон условий работы станка, не позволяют выявить роль кинематической погрешности в общем балансе погрешности обработки. Приведены основные положения программного метода испытаний станков, разработанного А.С.Прониковым, сделан вывод о целесообразности использования общих методических положений программного метода испытания станков для создания методики оценки кинематической точности токарных станков с ЧПУ.

Во второй главе дано обоснование и сделан выбор показателей кинематической точности. Отмечено, что кинематическую точность токарного станка с ЧПУ необходимо оценивать по двум показателям: ΔZ — как рассогласование фактического перемещения суппорта и номинального за фиксированный угол поворота шпинделя, определяющего точность резьбонарезания; ΔR — как результат рассогласования поперечных и продольных перемещений суппорта, определяющего точность фасонной обработки. Так как эти показатели случайные величины, то оценку их должно произвести по характеристикам случайных величин: $M(\Delta Z)$ и $M(\Delta R)$ — математическим ожиданиям и $\sigma(\Delta Z)$ и $\sigma(\Delta R)$ — среднеквадратическим величинам отклонений. Эти характеристики показателя кинематической точности отвечают основным требованиям, предъявляемым к программным методам испытания станков: они дают возможность оценить кинематическую точность токарного станка при всех основных режимах его работы (резьбонарезании и фасонной обработке); отражают влияние отклонения исследуемого выходного параметра на точность обработки, позволяя оценить долю кинематичес-

кой погрешности в общем балансе погрешностей; учитывают действие разнообразных факторов при формировании выходного параметра; дают возможность проведения испытания во всем диапазоне условий эксплуатации; определяют необходимость в проведении испытаний в автоматизированном режиме с применением ЭВМ; дают возможность оценить область состояния станка по рассматриваемому выходному параметру. Поле рассеивания случайной величины показателя кинематической точности является областью состояния станка по данному выходному параметру. Она формируется под воздействием множества технологических, конструкционных и эксплуатационных факторов. Для оценки технического уровня токарного станка с ЧПУ необходимо сравнение области состояния с областью работоспособности, определяемой как границы допустимых значений выходного параметра.

Дана методика определения области работоспособности по показателям кинематической точности исходя из нормируемых значений допустимых отклонений на обработку деталей. Для отражения эксплуатационных свойств фасонных поверхностей и определения по ним области работоспособности станка при его испытаниях даны рекомендации регламентировать значение математического ожидания отклонения реального профиля от номинального и допуск на поле рассеивания этого отклонения, характеризующих отклонения размера и формы.

Область работоспособности по параметру кинематическая точность оценивается как часть от допуска на обработку и эта часть тем больше, чем больше влияние кинематической погрешности в общем балансе погрешности обработки. Данные об областях состояния и работоспособности используются для оценки надежности токарного станка с ЧПУ для конкретных видов обработки. Показателями качества и надежности являются коэффициент запаса надежности K_n и вероятность безотказной работы $P(t)$:

$$K_n = B/A,$$

где B - область работоспособности, определенная как часть от допуска на обработку; A - область состояния станка по данному выходному параметру;

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left[\frac{B-C}{\sigma(\Delta)} \right],$$

где Φ - нормируемая функция Лапласа; C - координата центра

группирования области состояния относительно центра области работоспособности; $\sigma(\Delta)$ - среднеквадратическая величина отклонения.

Вскрыты источники формирования кинематической погрешности. Такими источниками являются механизмы и устройства, передающие информацию от программы управления до рабочего органа. Таким образом суммарная погрешность определяется как функция случайных величин

$$\Delta_{\Sigma} = f(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3),$$

где Δ_1 - погрешность механизма преобразования вращательного движения в рабочее - шарико-винтового механизма (ШВМ); Δ_2 - суммарная погрешность собственно привода и редуктора; Δ_3 - погрешность устройства ЧПУ.

Математическое ожидание суммарной погрешности будет равно

$$M(\Delta_{\Sigma}) = M(\Delta_1) + M(\Delta_2) + M(\Delta_3),$$

а величина поля рассеивания с учетом законов распределения случайных величин

$$\Delta_{\Sigma} = t \sqrt{\lambda_1 \sigma(\Delta_1)^2 + \lambda_2 \sigma(\Delta_2)^2 + \lambda_3 \sigma(\Delta_3)^2},$$

где t - квантиль распределения; λ_i - коэффициент, учитывающий закон распределения случайных величин.

В работе даны методы определения области состояния и области работоспособности и модель формирования кинематической погрешности токарного станка с ЧПУ. Эти данные необходимы для разработки методики исследовательских испытаний на кинематическую точность, основная цель которых оценка формирования показателей технического уровня и надежности станка под влиянием процессов и явлений, протекающих в нем.

В третьей главе представлена общая методика испытаний токарного станка с ЧПУ на кинематическую точность, включающая в себя требования к измерительной аппаратуре, объем испытаний. Представлена схема испытаний (рис. I), основными моментами которой является выбор варьируемых параметров, определение характеристик кинематической погрешности и расчет на ЭВМ области состояния станка, оценка области работоспособности. В результате испытаний должны быть получены следующие характеристики кинематической точности:

- численные значения характеристики областей состояния (об-

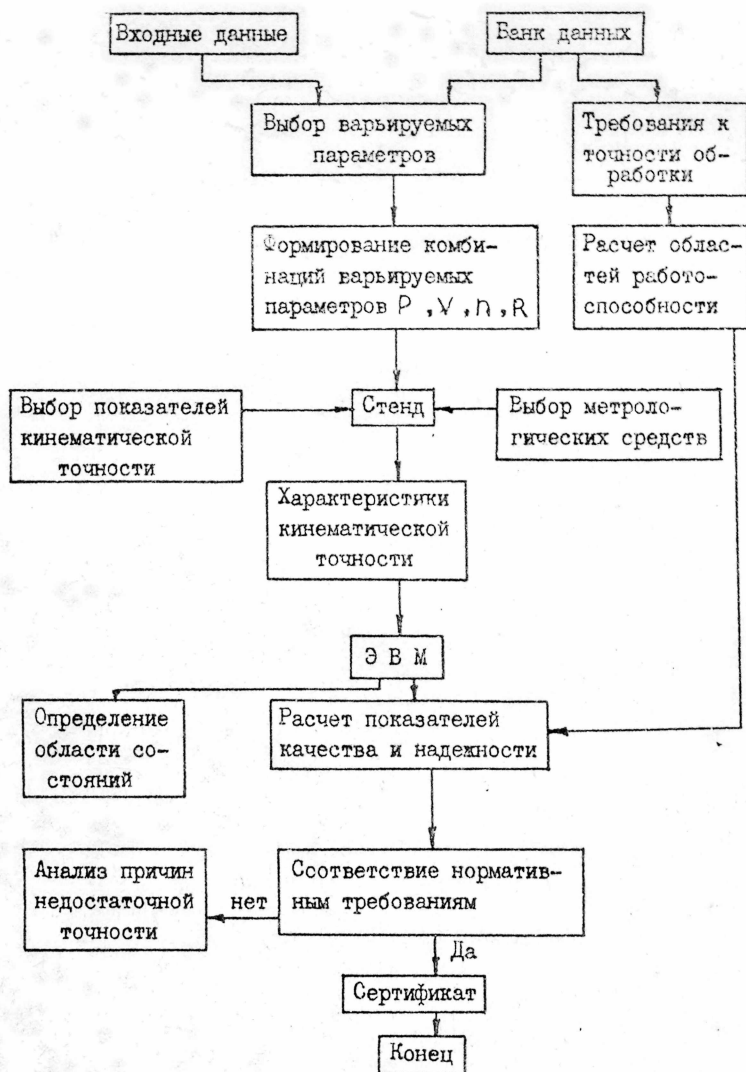


Рис. 1. Схема испытания на кинематическую точность

ластей, в которых с заданной вероятностью находятся значения показателя кинематической точности);

- запасы надежности по кинематической точности для каждого из его показателей;

- вероятность безотказной работы, если область состояния больше области работоспособности.

Все эти данные содержит в себе сертификат. По такой схеме проводятся испытания как исследовательские, так и контрольные, проводимые при находящихся в допустимых пределах, но таких сочетаниях условий работы, формирующих отклонение выходного параметра в сравнительно короткое время для определения соответствия количественных характеристик технического уровня станка с нормативными.

Одним из важнейших элементов испытаний является испытательно-измерительный комплекс. Он состоит из измерительно-информационных систем, включающих датчик вращения шпинделя, измерительные первичные преобразователи, регистрирующие продольное и поперечное перемещения суппорта, микро-ЭВМ, интерфейса ввода информации в ЭВМ, генератора импульсов, делителя электрических импульсов и устройства регистрации – термопечатающего устройства. Комплекс работает следующим образом. Датчик вращения шпинделя жестко связан со шпинделем и при вращении последнего выдает 1024 импульсов за один оборот. Эти импульсы поступают на вход делителя электрических импульсов, при соответствующей настройке которого на выходе появляются требуемое количество импульсов за определенный угол поворота шпинделя. Так, например, если делитель настроить на 1024, то за каждый оборот шпинделя появится один импульс. Этот импульс является разрешающим сигналом для ввода в микро-ЭВМ информации с преобразователей, регистрирующих перемещения суппорта по координатам X и Z . Кроме того разрешающий сигнал может быть выдан и автономным генератором. Информация по разрешающему сигналу с преобразователей через интерфейс вводится в микро-ЭВМ, где согласно заложенной программе обрабатывается и выдается в устройство регистрации. Таким образом, при вводе информации с преобразователей при разрешающем импульсе, выданном датчиком вращения шпинделя, оценивается соответствие перемещения суппорта по координате Z с заданной величиной при фиксированном угле поворота шпинделя. При вводе информации

с разрешающего импульса автономного генератора определяются одновременно фактические перемещения суппорта по координатам X и Z за каждый синхриимпульс, которые являются исходными данными для расчетов фактических значений траектории перемещения суппорта и оценки по ним отклонений от заданных значений.

Аттестация испытательно-измерительного комплекса показала, что он соответствует требованиям ГОСТ 8-82 для оценки кинематической точности станков класса "П".

Для апробации общей методики испытаний на кинематическую точность приведены результаты испытаний токарного станка с ЧПУ модели 16K20Ф3С5. При этом варьируемыми факторами являлись частота вращения шпинделя, скорость перемещения суппорта, нагрузка и геометрические параметры обрабатываемой детали. Для имитации силовых воздействий применялось электромагнитное нагрузочное устройство, разработанное на кафедре "Станки и автоматы" МВТУ им. Н.Э. Баумана. По результатам испытаний получена область состояний токарного станка в виде гистограмм распределения случайных величин показателей кинематической точности (рис. 2). При работе станка в режиме резьбонарезания область состояния находится в интервале от -16 мкм до 19 мкм и существенно не зависит от условий работы; для фасонной обработки с учетом предсказания программы она находится в интервале от -29 мкм до 20 мкм. При этом, установлено увеличение кинематической погрешности при контурных скоростях свыше 200 мм/мин на 20% . Кроме того, было выявлено малое влияние силовых нагрузок ($3-5\%$) на кинематическую точность. Предсказание программы рассматривается как один из путей повышения кинематической точности. Получены количественные характеристики надежности, позволяющие дать рекомендации по использованию данного токарного станка с ЧПУ для конкретных видов обработки. Так, например, испытуемый станок рекомендуется использовать для обработки резьб с шагом $2,0$ мм и выше и фасонной поверхности не выше II-го качества. На основании исследовательских испытаний даны рекомендации по структуре и содержанию контрольных испытаний.

Глава четвертая посвящена анализу путей повышения кинематической точности токарных станков с ЧПУ. Здесь дается методика оценки составляющих кинематическую погрешность, вносимых механизмами и устройством станка и определяется баланс кинематической точности.

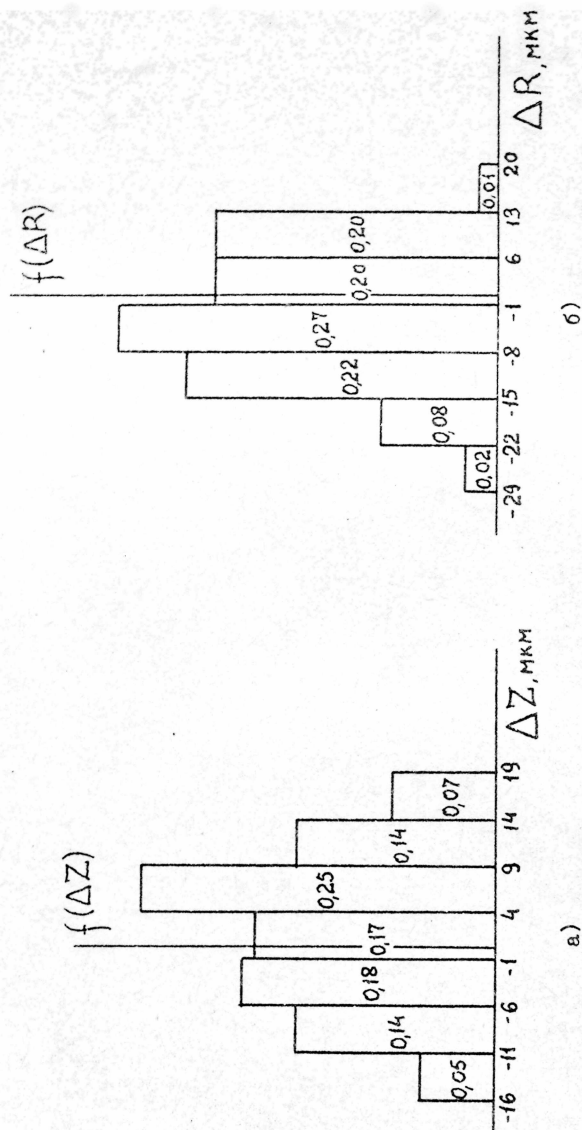


Рис. 2. Области состояний при работе станка в режимах: а) резьбонарезания;
б) фасонная обработка

Основой этой методики является предложенное во второй главе выделение источников формирования кинематической погрешности в виде погрешностей цепи, передающей и преобразующей информацию от программы управления до рабочего органа: Δ_1 - погрешность ШВМ, Δ_2 - суммарная погрешность редуктора и собственно привода, Δ_3 - погрешность устройства ЧПУ.

Такой методический подход выделения составляющих имеет то преимущество, что является универсальным и может быть использован для оценки кинематической погрешности токарных станков с ЧПУ по составляющим, имеющих различные конструктивные особенности.

Погрешность ШВМ определяется как рассогласование между расчетным перемещением суппорта, определенным по углу поворота винта, и фактическим

$$\Delta_1 = \mathcal{U}K - L_{\Phi},$$

где L_{Φ} - фактическое перемещение суппорта; $\mathcal{U}$ - угол поворота винта; $K = T/360$ - коэффициент приведения к линейному перемещению суппорта; T - шаг винта.

Суммарная погрешность редуктора и собственно привода оценивается как рассогласование между фактическим углом поворота ходового винта, приведенным к перемещению суппорта и заданной величиной перемещения суппорта

$$\Delta_2 = L_3 - K\mathcal{U},$$

где L_3 - заданная величина перемещения суппорта.

Для регистрации фактических перемещений суппорта была использована оптическая система, состоящая из оптической штриховой линейки и микроскопа. Угол поворота винта определялся фотоэлектрическим преобразователем угла поворота. Для этого преобразователь, закрепленный в корпусе, монтировался на станке соосно ходовому винту. Движение от ходового винта передавалось валу преобразователя через специальную сильфонную муфту. Информация о вращении винта с преобразователя вводилась через интерфейс в микро-ЭВМ, обрабатывалась по программе и поступала в регистрирующее устройство термопечати в виде линейных перемещений суппорта.

Погрешность, вносимая устройством ЧПУ, определялась как рассогласование заданных значений перемещений суппорта и фактических, определенных по выходным сигналам устройства, с учетом их дискретности.

$$\Delta_3 = L_3 - ND,$$

где N – количество импульсов на выходе интерполятора; D – цена импульсов.

Контроль устройства ЧПУ проводился при его работе в режимах резьбонарезания и круговой интерполяции. В режиме резьбонарезания оценивалось соответствие выходных импульсов и угла поворота шпинделя, а в режиме круговой интерполяции – соответствие импульсов по координатам X и Z через определенные интервалы времени. Исходя из этого была разработана схема контроля выходных сигналов интерполятора. Согласно схеме, со шпинделем станка жестко связывается датчик, выдающий определенное количество импульсов при повороте шпинделя. Выходные сигналы интерполятора по координате Z поступают на вход интерфейса, где формируется информация об их количестве, после чего эта информация поступает в микро-ЭВМ по импульсу датчика вращения шпинделя, где она обрабатывается и выдается на регистрирующее устройство в виде линейных единиц. При работе интерполятора в режиме круговой интерполяции на вход интерфейса поступают одновременно сигналы с интерполятора по координатам X и Z . В микро-ЭВМ вводится информация об их количестве по импульсу или датчика вращения шпинделя, или автономного генератора импульсов. В машине она обрабатывается согласно программе и поступает в регистрирующее устройство. С целью оценки влияния изменения характеристик элементов под действием температурных воздействий на величину погрешности, вносимой устройством ЧПУ, проведен контроль выходных сигналов устройства при его непрерывной работе в течение рабочей смены.

Погрешность Δ_1 , Δ_2 и Δ_3 являются случайными величинами, и их оценка ведется по характеристикам случайных величин.

Результаты испытаний показали, что кинематическая точность исследуемого станка характеризуется следующими количественными параметрами: предельное значение погрешности ШВМ – для привода поперечных перемещений находится в интервале от -2 мкм до 2 мкм, а продольных ± 6 мкм при доверительной вероятности $99,8\%$. Математическое ожидание отклонений ШВМ и продольных и поперечных перемещений не превышает $0,5$ мкм.

Характеристики суммарной погрешности редуктора и собственно привода продольных и поперечных перемещений суппорта составляют соответственно: математическое ожидание $-0,5$ мкм и $-0,8$ мкм; поле рассеивания находится в интервале от -14 мкм до 12 мкм и 12

от -6 мкм до 4 мкм при доверительной вероятности 99,87%. Таким образом, погрешность привода поперечных перемещений значительно (почти в три раза) меньше погрешности привода продольных перемещений.

При работе в режиме круговой интерполяции устройство вносит дополнительную погрешность, величина которой составляет до 10 мкм, и эта величина постоянна при различных заданных контурных скоростях. Частота выходных сигналов при работе устройства в режиме резбонарезания имеет завышенное значение (на 4%). Это связано с тем, что завышена частота вращения шпинделя, что было экспериментально проверено (фактическая частота вращения составляет 104% от заданных). Значение этих частот не меняется во времени, т.е. не подвержено температурным воздействиям. Это можно объяснить тем, что частота выходных сигналов формируется импульсами, поступающими с датчика резбонарезания. При круговой интерполяции имеет место изменение частот выходных сигналов во времени на 6-8%. Но так как эти изменения носили аналогичный характер по координатам X и Z , то их влияние в формировании кинематической погрешности не превышает 1-3% от общей погрешности.

По результатам этих исследований составлен баланс кинематической погрешности, который показывает, что основная погрешность приходится на собственно привод с редуктором (от 50 до 75%). Погрешность ШВМ составляет 25-40%, погрешность устройства ЧПУ - 15-20%. Проведена проверка модели формирования кинематической погрешности, для чего сравнивались результаты оценки суммарной кинематической погрешности и расчета по составляющим. При этом наблюдалась хорошая сходимость расчетных и экспериментальных результатов (отклонение составило 14%).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана методика испытания токарного станка с ЧПУ на кинематическую точность на основе метода программного испытания, которая позволяет получить достоверную информацию об областях состояния станка по параметру кинематической точности. Создан испытательно-измерительный комплекс, позволяющий в автоматизированном режиме при широком диапазоне режимов работы станка получать информацию с измерительных преобразователей,

регистрирующих перемещения рабочих органов с последующим вводом и обработкой этой информации на микро-ЭВМ.

2. Проведена аттестация разработанного комплекса. Показано, что он соответствует требованиям ГОСТ 8-82 для оценки кинематической точности токарных станков классов точности "И" и "П".

3. Оценка областей состояния проведена по двум основным параметрам:

а) ΔZ - как рассогласование фактического перемещения суппорта и номинального за фиксированный угол поворота шпинделя, определяющего точность резбонарезания;

б) ΔR - как результат рассогласования поперечных и продольных перемещений суппорта, определяющего точность фасонной обработки.

Характеристики областей состояния по этим выходным параметрам определяют работоспособность станка.

4. Для реализации методики проведены исследовательские испытания токарного станка с ЧПУ мод. 16K20Ф3С5 на кинематическую точность и определена область его состояния по рассматриваемым показателям. Область состояния составляет:

а) при резбонарезании до 35 мкм и существенно не зависит от режимов работы станка;

б) при фасонной обработке до 49 мкм. При этом имеет место увеличение кинематической погрешности при контурных скоростях выше 200 мм/мин на 20%.

Кроме того, было выявлено малое влияние силовых нагрузок (3-5%) при испытании станка, работающего в режиме резбонарезания.

5. Установлено содержание контрольных испытаний. Для данного станка, работающего в режиме резбонарезания, достаточно проведения испытания при шаге резьбы, равном 1,0 мм и частоте вращения шпинделя 100 об/мин. При его работе в режиме фасонной обработки испытания необходимо проводить при повышенных контурных скоростях, равных 300 мм/мин для радиуса обработки 50 мм.

6. Анализ областей состояний, представленных в виде гистограмм распределения ΔZ и ΔR позволил оценить работоспособность станка по кинематической точности. Так, при обработке резьбы с шагами до 2,0 мм с допустимым отклонением ± 12 мкм вероятность безотказной работы равна 0,84, а для шагов свыше 2,0 мм обеспечиваются требования точности, а коэффициент запаса надежности составляет 1,37 и больше.

Станок обеспечивает обработку фасонных деталей до 10-го качества с вероятностью безотказной работы, равной 0,96, а при обработке деталей выше 11-го качества имеет место коэффициент запаса надежности, равный 1,22 и больше.

7. Разработана методика дифференциальной оценки кинематической точности токарных станков с ЧПУ, позволяющая определять степень влияния отдельных элементов в формировании кинематической погрешности.

8. Погрешность от устройства ЧПУ в общем балансе кинематической погрешности при круговой интерполяции составляет 15-20%, при резьбонарезании оно незначительно; погрешность ШВМ при резьбонарезании 30-40%, при фасонной обработке 25-30%; суммарная погрешность редуктора и собственно привода при резьбонарезании 60-75%, при фасонной обработке 50-55%.

9. На основе исследовательских испытаний разработаны пути повышения кинематической точности, включающие конструкторские мероприятия и выбор рациональных режимов обработки. Для исследуемого станка при обработке фасонных поверхностей целесообразно использовать контурные скорости, не превышающие 200 мм/мин, при резьбонарезании рекомендуется обрабатывать резьбовые детали с шагом более 3,0 мм.

10. Суммарный ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения результатов данной работы на Ереванском станкостроительном производственном объединении и Алма-Атинском станкостроительном заводе им. "XX-летия Октября" составит 13700 рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Григорян А.М. К методу контроля метрологических характеристик кинематики металлорежущих станков токарной группы. - Новые достижения в области приборостроения: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. - Ереван, 1982, с. 97-98.
2. Григорян А.М. Устройство для измерения погрешности перемещения резца в процессе фасонного точения на токарных станках с ЧПУ. - Метрология и качество: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. - Ереван, 1984, с. 15.
3. Григорян А.М., Смолянкин Г.В. Оценка влияния устройства управления на качество токарного станка с ЧПУ по выходному параметру кинематическая точность. - Метрология и качество: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. - Ереван, 1984, с. 18-19

