

М474049

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
УДК 621.941-529.08

САМОЙЛОВ ВЛАДИМИР БОРИСОВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ
И СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ
ТЕПЛОНАГРУЖЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ

Специальность 05.03.01
Процессы механической и физико-химической обработки,
станки и инструмент

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1988

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 А.С. Проников

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Нахапетян Е.Г.

кандидат технических наук, доцент
Коляда Ю.В.

Ведущее предприятие - станкостроительный завод
"Комунарас"

Защита диссертации состоится "30" июля 1988 г.
на заседании специализированного Совета К 053.15.15 в Московском высшем техническом училище имени Н.Э. Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.

С
ни Н.Э.

На
печатью

Ав

У
специал

ке МВТУ име-

еренный

ков

Л- 461
Роталпр

М 47 4049

ир. 100 экз.
л., 5.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Проблема повышения точности многоцелевых станков, встраиваемых в гибкое автоматизированное производство, является составной частью ускорения научно-технического прогресса, как задачи, поставленной XXVII съездом КПСС.

Особое значение имеют работы, направленные на разработку методов исследовательских испытаний на точность движения рабочих органов этого оборудования с применением соответствующих средств метрологического оснащения и инженерного программного обеспечения, реализующего автоматизацию испытаний и проектные расчёты. Такие методы позволят на стадии испытания опытного образца определить показатели точности именно металлорежущего станка, как главного элемента технологической системы, и реализовать задачу повышения точности движения рабочего органа с помощью специальных устройств автоматической компенсации, управляемых от систем ЧПУ станка.

Решение перечисленных вопросов позволит в процессе комплексного испытания станка дать основу для создания систем автоматизированного испытания и проектирования таких сложных объектов, как гибкие производственные модули.

Этим и определяется актуальность решаемой в настоящем исследовании проблемы.

Цель работы. Целью данной работы является разработка методов исследовательских испытаний и создание средств повышения точности поступательного движения теплонагруженных рабочих органов многоцелевых станков на основе построения схемы взаимодействия физических процессов, протекающих в системе рабочий орган - станка с различной скоростью.

Методы выполнения исследований. Результаты работы получены расчётно-экспериментальным путём при комплексном исследовании оборудования в условиях испытательно-диагностического центра.

Теоретические исследования основывались на методах системного анализа, теории надёжности, расчёта и конструирования станков, технологии машиностроения, элементах теории вероятностей и математической статистики, сопротивления материалов и теории теплопередачи. Эксперименты проведены с применением специально созданных первичных преобразователей и информационно-вычислительного комплекса на основе микро-ЭВМ. Использованы тепловизионные и фотографические методы измерения и контроля.

I

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1474049

Самойлов В. Б. Разработка ме



Научная новизна. Научным вкладом в работе является описание на основе системного анализа конструкции станка и введение понятия термогеометрического взаимодействия по замкнутому контуру физических процессов, протекающих в исследуемой системе с различной скоростью. На этой основе построена схема такого взаимодействия для теплонагруженного рабочего органа и станины станка, выбраны математические модели, описывающие эти процессы и определена точность движения рабочих органов в зависимости от их конструктивного исполнения, взаимного расположения в пространстве и от этапа выполняемого испытательного технологического процесса.

Предложено фотоэлектрическое устройство контроля линейных перемещений /А.с. 976292/ и разработанные на его основе устройства контроля плоскостности и компенсации отклонений от прямолинейности при движении рабочего органа станка.

Практическая ценность. Предложенная совокупность расчётных и экспериментальных методов исследовательских испытаний станка позволяет синтезировать траекторию движения рабочего органа на стадии его проектирования и изготовления опытного образца, определить вклад каждого физического процесса в совокупную оценку точности движения, а также прогнозировать изменение её во времени, что позволяет принимать целенаправленные меры для повышения точности станков. Использование в информационно-измерительной системе оригинальных первичных преобразователей перемещений определяет её высокую надёжность и помехозащищённость, позволяет эксплуатировать ИИС как в лабораторных, так и в цеховых условиях. Система компенсации отклонений от прямолинейности позволит повысить точность движения рабочих органов станков, а также улучшить траектории заданного профиля.

Реализация работы. Материалы приняты к использованию при конструкторской разработке, изготовлении и испытании многоцелевых станков на машиностроительном объединении. Годовой экономический эффект составляет 30000 руб.

Апробация работы. Результаты работы доложены на Всесоюзной научно-технической конференции "Надёжность и качество машин: испытание, диагностика, прогнозирование" /Москва, 1981г./; на научно-технической конференции "Техническая диагностика станков и машин" /Хабаровск, 1982г./; на Всесоюзной научно-технической конференции "Надёжность и долговечность машин и приборов" /Куйбы-

шев, 1984 г. / . Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-теоретических семинарах кафедры "Металлорежущие станки" МВТУ им. Н.Э.Баумана /1980-85 гг./, полностью работа доложена на вышеназванной кафедре в 1987 г.

Вклад автора в создание испытательно-диагностического комплекса отмечен серебряной медалью БДНХ СССР /Пост. № 856-Н от 14.11.86/.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 5 печатных работах, из них 1 авторское свидетельство.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, основных выводов и приложения, содержит 131 страницу текста, 68 рисунков, 8 таблиц и список литературы из 71 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении обоснована актуальность работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также определена область использования полученных результатов.

В первой главе даётся обзор исследований, посвященных вопросам испытания точности металлорежущих станков. Отмечается большой вклад советских учёных в области испытаний, диагностики станков, расчёта и прогнозирования его точности: Балакина В.С., Бородачёва Н.А., Гаврилова А.Н., Кована В.И., Корсакова В.С., Пуща В.Э., Решетова Д.Н., Соколовского А.П. и других.

В нормативно-технических документах точность станков определяется через показатели точности обработанных поверхностей образцов-изделий, геометрической точности и дополнительные - способность сохранения взаимного положения рабочих органов, несущих инструмент и заготовку, при условии приложения внешней нагрузки или воздействии тепла, возникающего при работе станка на холостом ходу.

В системе испытаний станков профессора Проникова А.С., получившей название "программный метод" отмечается, что таким применяемым в настоящее время методам присущи следующие основные недостатки: все виды испытаний проводятся обособленно, в то время как показатели точности станка различны при одновременном и последовательном действии факторов; нет установленного понятия о его выходных параметрах, определяющих работоспособность; не учитывается вероятностная природа всех явлений, связанных с различными условиями эксплуатации. Предлагается оценку качества станка производить по показателям точности движения формообразующих узлов.

Эти движения могут характеризоваться траекториями перемещения фиксированных точек. Условия испытаний должны отражать спектр эксплуатационных воздействий, поэтому проводятся при одновременном действии силовых и тепловых факторов. При этом выходные параметры могут определяться как в вероятностной трактовке /полная характеристика области состояний/, так и при экстремальных условиях /оценка границы области состояний/.

В настоящей работе указанные принципы применены для испытания на точность поступательного движения рабочих органов, несущих инструмент, многоцелевых станков сверлильно-фрезерно-расточной группы. За контролируемые параметры исследуемой системы принимаются численные характеристики формы /непрямолнейности/ траектории перемещения и точности её направления /расположения/ в рабочем объеме станка относительно баз и системы координат. Фиксированные точки выбираются на рабочем органе так, чтобы их траектории коррелировали с формой обрабатываемых поверхностей, систематические ошибки измерения могли быть исключены и была обеспечена возможность измерения их относительного перемещения. Конкретный вид аппроксимирующей траектории кривой определяется характером обрабатываемых поверхностей, а система координат отсчета связывается с рабочим органом, несущим заготовку.

Исходя из вышеизложенного, для реализации поставленной в исследовании цели, были определены следующие задачи: выбор показателей точности поступательного движения рабочего органа; анализ конструкции и состояния системы рабочий орган - станина станка с точки зрения влияния на точность движения физических процессов, протекающих в ней с различной скоростью; построение общей схемы взаимодействия таких процессов в системе и выбор математических моделей для их описания; разработка средств испытания на точность теплонагруженного рабочего органа в условиях автоматизированного эксперимента; экспериментальное исследование и апробация схемы взаимодействия процессов в системе на примере многоцелевого станка МС 12-250 и фрезерного станка с ЧПУ СПК-250; создание прототипа устройства автоматической компенсации отклонений от прямолинейности движения рабочего органа.

Во второй главе говорится о том, что причинные связи формирования точности движения рабочего органа при обработке изделий имеют сложный, нелинейный характер, поэтому их описание наиболее эффективно выполнить с применением принципов системного анализа.

В процессе формирования точности поступательного движения рабочих органов, несущих, например, инструмент, участвуют, как минимум, два узла станка - шпиндельная головка и станина, форма и расположение направляющих которых определяют начальную или геометрическую точность траекторий и направлений перемещений. Однако в процессе эксплуатации станка происходят силовые и тепловые деформации корпусов этих узлов и рассмотрение таких процессов отдельно для шпиндельной головки или станины не приводит к удовлетворительному решению задачи определения точности движения теплонагруженного рабочего органа многоцелевого станка.

Описание поведения системы шпиндельная головка - станина станка осуществлено через установленные сети связей и отношений, которые в данном случае представляют собой совокупность свойств материалов и поверхностей элементов, а структура этой системы сформирована конструктивным исполнением данных узлов и взаимодействием друг с другом отдельных элементов при выполнении станком технологического процесса. Такая система является одним из элементов сложной системы - всего станка в целом, и в свою очередь содержит системы более низкого порядка.

Для исследования необходимо построение ряда математических моделей, каждая из которых описывает определённую сторону взаимодействия системы шпиндельная головка - станина станка. Анализ факторов, влияющих на точность движения таких теплонагруженных рабочих органов многоцелевых станков, как шпиндельная головка, показал, что необходимо учитывать в первую очередь тепловые деформации элементов, составляющих исследуемую систему. Построение термодинамической модели системы шпиндельная головка - станина станка усложняется наличием таких переменных по интенсивности и местоположению относительно станины источников тепловыделения, как опоры шпинделя. Показано, что в зависимости от вылета головки наблюдается переменный по направлению и мощности тепловой поток от передних опор шпинделя в верхнюю часть станины и из станины в среднюю часть головки. Тепловые деформации несущих элементов рассматриваемой системы относятся к процессам средней скорости и задача их определения решалась методом конечных элементов для выбранных сечений в продольном и поперечном направлении для головки и для половины развертки корпуса станины станка.

Однако при обработке станком реальной детали в исследуемой системе действуют процессы и других скоростей, например, дефор-

мации элементов конструкции из-за силовых нагрузок. Особенностью описания математической модели напряженного состояния корпуса шпиндельной головки при его движении по станине станка является изменение характеристик контактного взаимодействия в направляющих. При расчетах шпиндельная головка рассматривалась как балка на упругом основании при продольно-поперечном изгибе и вычисления проводились методом начальных параметров.

Использовалась также вспомогательная математическая модель описания топографии направляющих скольжения. Эта задача сводится к аналитическому воспроизведению поверхности по данным измерений отклонений от плоскостности.

На этапе синтеза траектории движения фиксированных точек теплонагруженного рабочего органа станка оказалось целесообразным представить формирование траектории как результат некоторого взаимодействия физических процессов различной скорости, протекающих в конкретной системе формообразующих узлов станка.

Состояние системы определяется двумя группами факторов, первая из которых является неизменной с точки зрения протекания физических процессов в узлах /это компоновка и конструктивное решение с выбранными материалами и методами их обработки/, а вторая группа, испытывая на себе влияние первой, будет переменной для каждого временного состояния системы. К таким факторам относятся, например, интенсивность тепловыделения в опорах шпинделя, пространственное положение и величина внешней нагрузки, конфигурация элементов теплопередачи и контактного взаимодействия. Кроме того, описание системы должно предполагать тепловое последствие в системе /результат тепловыделений напредшествующем переходе технологического процесса/. Поэтому для построения общей схемы взаимодействия физических процессов, протекающих в системе с различной скоростью, вводится понятие термогеометрического замкнутого контура /рис. 1/.

Рассмотрение схемы удобно начать с определённого вылета шпиндельной головки относительно станины для конкретного перехода технологического процесса. Величина этого вылета формирует конфигурацию в системе механических связей и элементов теплопередачи. На следующем этапе определяются внешние и внутренние силовые факторы системы, а также тепловое воздействие на систему - тепловыделения в подсистемах шпиндельной головки и станины. Вычисляются тепловые поля и перераспределение опорных реакций в механических

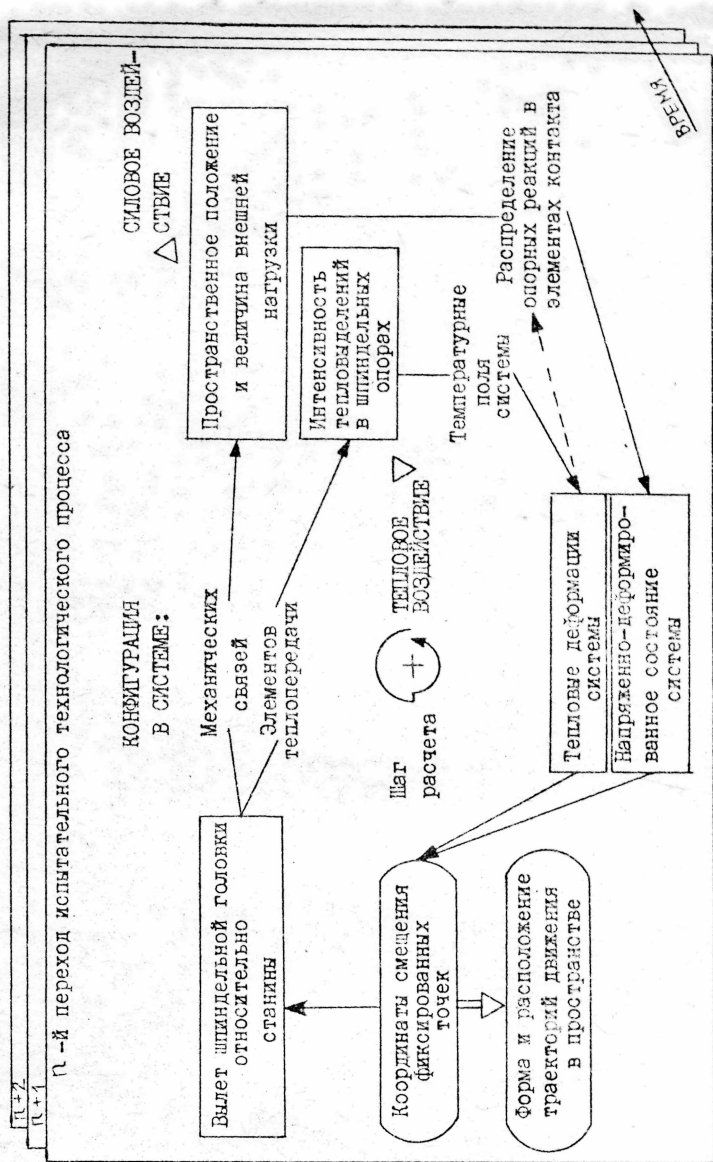


Рис. 1 Термogeометрический замкнутый контур взаимодействия физических процессов различной скорости в системе шпиндельная головка - станина станка

связях системы. Третий этап заключается в определении тепловых деформаций системы и напряженно-деформированного состояния рабочего органа с учётом распределения реакций для изменившейся топографии направляющих вследствие их тепловых деформаций. Сформировав таким образом исходные данные и проводя вычисления /измерения/, определяем координаты смещения фиксированных точек для первого шага расчёта. Повторив такую последовательность вычислений по шагам по всей длине хода шпиндельной головки на данном переходе, получаем форму и расположение траекторий движения фиксированных точек рабочего органа. Для следующего перехода все вычисления проводятся аналогично.

Таким образом можно учесть взаимодействие физических процессов, протекающих в системе рабочий орган - станина станка с различной скоростью во времени, и получить показатели точности его теплонагруженных формообразующих узлов.

В третьей главе описана экспериментальная установка для испытания на точность поступательного движения теплонагруженных рабочих органов многоцелевых станков, состоящая из объекта испытания и информационно-измерительной системы.

В состав информации, снимаемой с объекта, входят данные о траекториях движения фиксированных точек при работе станка под нагрузкой, силах резания и температурах в контрольных точках. В информационно-вычислительном комплексе использованы: устройство специализированное управляющее вычислительное "Электроника ДЗ-28"; дисплей 15ИЭ-00-013, графопостроитель Н306, ЭПМ "Консул 260.1", устройство связи с объектом АЦКС-1024 с комплектом интерфейсных плат и аналого-цифровой преобразователь Ф4833. В качестве первичных преобразователей применены термоэлектрические преобразователи ТХН, динамометр УДМ-100 и специально спроектированное и изготовленное устройство контроля линейных перемещений /А.с. 976292/, позволяющее измерять отклонения от прямолинейности /в диапазоне до 0,2 мм/ точек /фотоприёмников/ на длине хода 300 мм одновременно в двух координатных плоскостях с точностью до 0,5 мкм /рис.2/. На основе данного прибора выполнено приспособление для измерения топографии направляющих металлорежущих станков.

Программное обеспечение ИВК реализовано на алгоритмическом языке БЭИКИ и включает в себя модули ввода информации, первичной обработки и формирования исходных массивов, проверки на однородность, статистической обработки, регрессионного анализа и форми-

рования рабочих файлов.

Для оперативного анализа теплового и напряженно-деформированного состояния объекта были применены быстродействующий тепловизор ТВ-03 и установка голографическая малогабаритная УГМ-1:

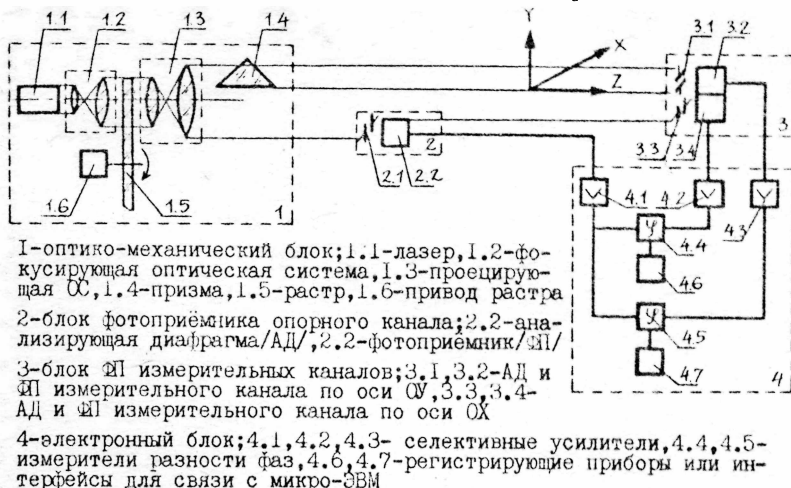


Рис. 2 Принципиальная схема устройства контроля линейных перемещений

В четвертой главе рассмотрены результаты теоретико-экспериментальных исследований точности движения шпиндельных головок многоцелевого станка МС 12-250 и фрезерного станка с ЧПУ СПК-250.

Для выбранных рабочих органов определен качественный и количественный состав информации о входах и выходах системы, указаны места установки первичных преобразователей температуры, сил резания и перемещений фиксированных точек. Расстановка термоприёмников позволяет получать данные о распределении тепловых потоков как вдоль, так и поперёк шпиндельной головки и станины, об изменении температурного градиента в стыке направляющих и по нему определять интенсивность теплопередачи в станину станка в зависимости от вылета головки. Выбор точек замеров деформаций шпиндельной головки связан с измерением основных выходных показателей системы - траекторий движения фиксированных точек рабочего органа, поэтому они расположены по оси пучка лазера УГМ на боковых сторонах шпиндельной головки. Траектории первой пары фотоприёмников

/у переднего торца головки/ будут в максимальной степени коррелировать с формой продольного сечения растачиваемого отверстия, поскольку здесь наблюдаются максимальные смещения из-за силовых и тепловых деформаций системы, в то время как вторая пара фотоприёмников, установленная посередине головки, показывает, что здесь силовые деформации минимальны. Фотоприёмник опорного канала расположен на выносном кронштейне так, что отсчёты траекторий производятся относительно нижней части станины станка, исключая таким образом деформации остальных элементов технологической системы.

Для каждой математической модели оговариваются начальные условия, допущения и ограничения, связанные с конкретными исходными данными о процессах в системе.

Далее в соответствии в программным методом испытания станков профессора Проникова А.С. определялись границы областей состояний параметров исследуемой системы при экстремальных силовых и тепловых нагрузениях.

Тепловое нагружение системы выполнялось вращением шпинделя станка на частоте вращения в 2000 об/мин на различных вылетах головки относительно станины. При этом на вылете в 200 мм стационарная температура переднего подшипника шпинделя была выше в среднем на 8°C по сравнению с минимальным вылетом при прочих равных условиях. Если в первом случае головка нагревается в положении максимального вылета, то будут значительны собственные деформации рабочего органа, и в меньшей степени - станины. Здесь граница области состояний траекторий движения будет иметь небольшое абсолютное значение, но сложную форму. Во втором случае при минимальном вылете головки большее количество тепла передается станине, траектории движения представляют собой более гладкие кривые, которые, однако лежат значительно выше границы области для первого случая /рис. 3/.

Внутри этих крайних границ и будут находиться все траектории движения, полученные для промежуточных тепловых состояний системы. Параллельно измерениям выполнялись расчёты для выбранных сечений головки и для половины развертки корпуса станины.

Поскольку направляющие выполнены V-образными с углом в 60° , то при определении суммарных деформаций системы учитывалось что, с одной стороны, происходит как-бы "выталкивание" шпиндельной головки из направляющих станины вверх, а с другой стороны, увеличивается расстояние между направляющими и головка "проседает".

вниз. Эти изменения во времени зависят ещё и от условий теплопередачи, то есть от вылета головки, влияние которого рассмотрено выше.

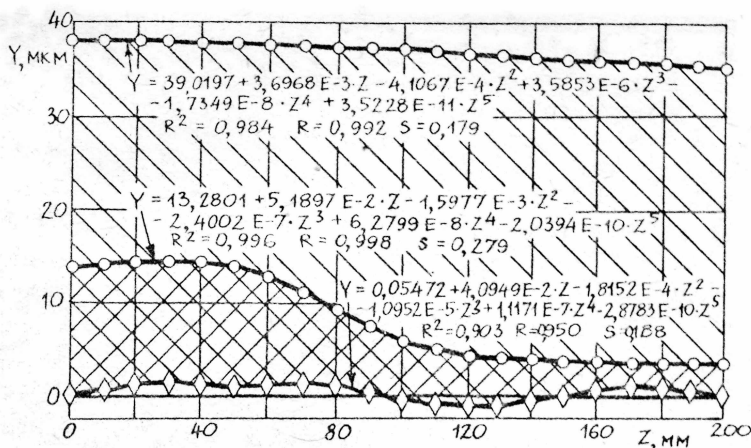


Рис.3 Области состояний траекторий движения фиксированных точек при экстремальном тепловом нагружении

При испытании станка на экстремальный уровень нагружения силами резания /1 кН для выбранных станков/ получены области состояний траекторий движения фиксированных точек в зависимости от приложенных сил и вылета головки. Они представляют собой кривые, практически симметричные относительно нулевой линии, за которую приняты результаты измерений на холостом ходу /геометрическая точность/. Для исключения влияния тепловых факторов растачивание каждого последующего отверстия образца-изделия проводилось только после восстановления исходного теплового состояния системы. Так для максимальной нагрузки в плоскости YOZ смещения для минимального вылета равны 4 мкм, для максимального вылета - 25 мкм. Эти данные сравнивались с результатами вычислений напряженно-деформированного состояния головки с учётом точки приложения внешних сил и их величины, а движение головки по станине имитировалось изменением положения координат упругих дискретных опор, моделирующих контакт в направляющих.

Программный метод испытания станков предусматривает работу станка в процессе его исследования по так называемому испытатель-

ному технологическому процессу /ИПП/. Его структура, последовательность и величины варьируемых в нём факторов /частота вращения шпинделя, подачи и длины перемещения головки, продолжительность каждого перехода/ выбраны на основе статистических данных для исследуемого оборудования.

Синтез траектории движения рабочего органа на основе схемы термогеометрического взаимодействия по замкнутому контуру проведён с использованием выбранных математических моделей процессов для одного из переходов ИПП. Степень соответствия расчётов и реальной физической картины проверялась путём сравнения результатов замеров траекторий движения фиксированных точек, их вычисленных координат при моделировании и определения положения оси расточенного образца-изделия. Все вычисления проводились по схеме /рис. 1/ с учётом конструктивных особенностей шпиндельных головок и станин станков СПК-250 и МС 12-250. Погрешность результатов вычислений по отношению к измеренному на станке положению оси отверстия и траектории движения первой пары фотоприёмников не превысила 12%.

Следующей релалась задача создания устройства автоматической компенсации отклонений от прямолинейности движения рабочего органа станка. Для теплонагруженной шпиндельной головки многоцелевого станка основная сложность управления точностью движения заключается в необходимости компенсации влияния процессов различной скорости. Кроме того, известные методы и средства не позволяют компенсировать отклонения при случайных внешних воздействиях во всём диапазоне сил резания и теплового состояния системы. Предложенное устройство /рис.4/ работает следующим образом. Первичные преобразователи /фотоприемники устройства контроля линейных перемещений/ измеряют положение в пространстве торца шпиндельной головки. Этот сигнал через АЦП и интерфейсный прибор поступает в микро-ЭВМ, где сравниваются текущее положение с заданным. Пропорционально величине рассогласования формируется значение закона регулирования управляющего устройства /программно-управляемого источника питания Б 5-50/. В качестве исполнительного механизма малых перемещений применены пакеты пьезоэлектрических элементов, установленные на шпиндельной головке. Применение двух пакетов обеспечило деформацию корпуса рабочего органа как в плоскости XOZ , так и в плоскости XOY .

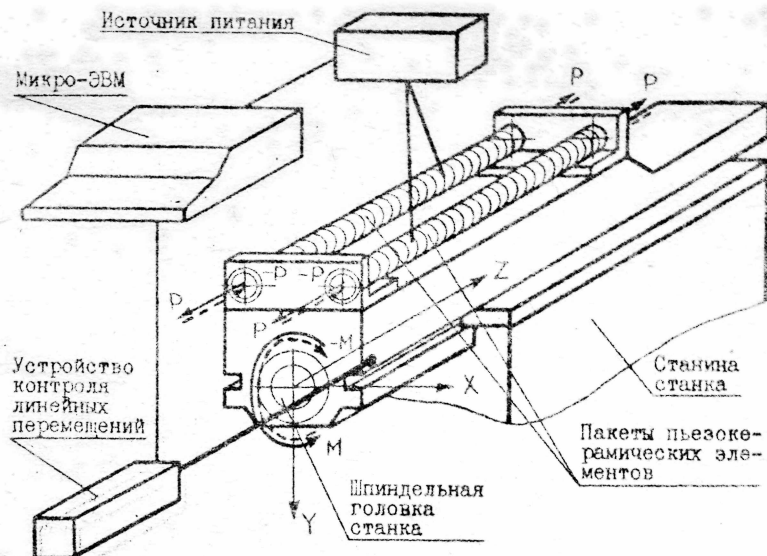


Рис. 4 Система компенсации отклонений от прямолинейности движения рабочего органа многоцелевого станка

Испытания показали, что указанная система способна обеспечить формирование заданной в аналитической форме траектории движения фиксированных точек рабочего органа. В этом случае закон управления источником питания, и следовательно, исполнительным механизмом, рассчитывается по программе, введенной в микро-ЭВМ или в систему ЧПУ станка.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработаны методы исследовательских испытаний на точность поступательного движения теплонагруженных рабочих органов многоцелевых станков на основе построения схемы взаимодействия физических процессов, протекающих в системе рабочий орган - станина станка с различной скоростью. Они включают в себя совокупность теоретических расчетов и практических исследований оборудования в условиях испытательно-диагностического центра.

2. В качестве показателей точности поступательного движения рабочего органа, несущего инструмент, для многоцелевого станка

приняты численные характеристики функции, аппроксимирующей траектории перемещения фиксированных точек и их расположение в рабочем объеме, при условии выполнения станком испытательного технологического процесса.

3. Анализ конструкции и состояния системы теплонагруженный рабочий орган - станина станка с точки зрения влияния физических процессов на точность движения позволил ввести понятие о замкнутом термогеометрическом контуре взаимодействия этих процессов, протекающих в системе с различной скоростью.

4. На основе рассмотрения термогеометрического контура, который характеризует тепловое, силовое и геометрическое состояния исследуемых элементов системы и изменения их во времени, построена модель формирования траектории движения теплонагруженного рабочего органа станка, которая позволяет вычислять для определённого технологического перехода координаты фиксированных точек.

5. Для математического описания модели формирования траекторий движения в соответствии с термогеометрическим контуром взаимодействия процессов, выбраны и реализованы вычислительные процедуры, построенные на основе методов конечных элементов, начальных параметров и математической статистики.

6. На основе программного метода испытаний для проведения практических исследований разработана структура испытательного технологического процесса для системы рабочий орган - станина станка и определен качественный и количественный состав варьируемых в нём факторов на основе соответствующих статистических данных.

7. Создана информационно-вычислительная система для автоматизированных испытаний по разработанному испытательному технологическому процессу, включающая в себя микро-ЭВМ "Электроника ДЗ-28" с интерфейсными приборами и периферийными устройствами, а также первичные преобразователи перемещений, температур и сил резания. Показана эффективность применения тепловизионного контроля и методов внестендовой голографической интерферометрии для измерения температурных и силовых полей и деформаций при испытании оборудования.

8. Спроектировано и изготовлено фотоэлектрическое устройство контроля линейных перемещений /А.с. № 976292/, обеспечивающее измерение траекторий поступательного движения фиксированных точек объекта одновременно по двум координатам при движении рабочего

органа вдоль третьей координатной оси в процессе обработки образца-изделия. На основе этого прибора выполнено устройство контроля плоскостности направляющих металлорежущих станков.

9. С целью апробации модели формирования траекторий движения теплонагруженных рабочих органов были проведены исследовательские испытания шпиндельных головок станков MC 12-250 и СПК-250 по разработанной методике. Сравнение траекторий движения фиксированных точек с их расчетными значениями и положением осей расточенных отверстий показало, что ошибки не превышают 12%, а это позволяет сделать вывод о правильности построения модели.

10. Разработана система автоматической компенсации отклонений от прямолинейности, которая обеспечивает формирование заданного профиля траектории движения теплонагруженного рабочего органа станка и повышает точность его поступательного движения на 25...30%. Испытание прототипа системы показали возможность её реализации с исполнительным механизмом в виде пакетов пьезокерамических элементов.

11. Результаты диссертационной работы использованы при разработке новой конструкции многоцелевого станка на машиностроительном производственном объединении. Годовой экономический эффект составляет 39000 рублей.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Дальский С.А., Самойлов В.Б., Козлов Н.В. Оценка качества металлорежущих станков по их выходным параметрам // Надёжность и качество машин: испытание, диагностика и прогнозирование: Тез. докл. всесоюзной науч.-техн. конф., Москва, 14-16 сент. 1981 г. - М.: ВСНТО, 1981. - С. 118-120

2. Проников А.С., Дальский С.А., Самойлов В.Б. Информационно-вычислительный комплекс для оценки надежности машин // Надёжность и долговечность машин и приборов: Тез. докл. всесоюзной науч.-техн. конф., Куйбышев, 19-21 сент. 1984 г. - Куйбышев: КПИ, 1984. - С. 188-189

3. Проников А.С., Дальский С.А., Самойлов В.Б. Использование оптико-электронных средств для контроля качества металлорежущих станков // Технология, организация и экономика машиностроительного производства. - 1981. - № 1. - С. 6-7

4. Самойлов В.Б., Дальский С.А. Современные бесконтактные

методы измерения точности металлорежущих станков // Технология, организация и экономика машиностроительного производства. - 1981. - № 4 - С. 4-5

5. А.С. 976292 СССР, ИИ³ ГОI В 11/00. Фотоэлектрическое устройство для измерения поперечных перемещений предмета / А.С. Проников, С.А. Дальский, В.Б. Самойлов и др. - № 3276143/25-28; Заявл. 17.04.81; Оpubл. 23.11.82 // Открытия. Изобретения. - 1982. - № 43 - С. 17-18

ВК

