М 401889

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 621.941.2-529.08

БАЙДАКОВ Алексей Михайлович

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ УЗЛОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ СИЛОВЫМ И ТЕПЛОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ И ВЫЯВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ЕЕ ОЦЕНКИ

Специальность 05.03.01
Процессы и машины обработки материалов резанием; автоматические линии

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва - 1982

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

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Б.М.Дмитриев

Официальные оппоненты -доктор технических наук, профессор В.Н.Подураев;

- кандидат технических наук, доцент А.И.Плужников

Ведущая организация - указана в решении специализированного Совета

Защита диссертации состоится "27" декабря 1982 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 отзыв на автореферат в одном [illegible] заверенный печатью, про[illegible]

Авторе[illegible]

Ученый
специализи[illegible]
к.т.н. [illegible] в

АЦ401889

Л-90945 Подп[illegible] 100 экз
Ротапринт МВ[illegible] 5.

Актуальность темы. Задача дальнейшего повышения производительности, точности, надёжности металлорежущих станков и обеспечение качества обрабатываемых деталей остается одной из основных на современном этапе развития народного хозяйства СССР.

На первый план выдвигаются задачи обеспечения не только размерной точности получаемых деталей, но и обеспечение в заданных пределах отклонений формы и расположения. Это вызвано необходимостью создания качественных и долговечных изделий машиностроения. Требования к точности обработки, особенно в отношении отклонений формы и расположения, непрерывно возрастают. В связи с этим ужесточаются требования к точности самого станка, что приводит к усложнению его конструкции, процесса изготовления и, как правило, повышению стоимости. Все это вызывает необходимость оценки точностных возможностей станка путем проведения испытаний.

Существующие методы оценки точностных возможностей станка, широко распространенные в области проектирования и эксплуатации станков, не могут быть непосредственно перенесены в область испытаний, отличающуюся определенной спецификой. Важной задачей при таких испытаниях является оценка сопротивляемости станка действующим в процессе обработки силовым и тепловым нагрузкам с целью выявления его точностных возможностей с позиций отклонения формы и расположения в реальных условиях эксплуатации. Результаты таких исследований служат основой для принятия решения о постановке на производство данной конструкции, определения путей улучшения эксплуатационных характеристик станков, позволяют вскрыть резервы по повышению их точностной надежности и и качества. Это отвечает постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР (февраль 1980 г.) " О значительном повышении технического уровня и конкурентоспособности металлообрабатывающего, литейного и деревообрабатывающего оборудования и инструмента".

Цель исследования. Разработка методики оценки сопротивляемости станка силовым и тепловым воздействиям по параметру положения оси шпинделя относительно направляющих станины с учетом всего спектра действующих силовых и тепловых нагрузок.

Методы исследований. При исследованиях использовались методы теории вероятностей, планирования экспериментов и математичес-

1401889

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1401889
Байлаков Л.М.Определение

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

кой статистики, расчетно-аналитические методы решения задач по точности производства, методы технических измерений, а также методы разработанные в данной работе: метод определения характеристики сопротивляемости станка по положению шпинделя силовым воздействиям с позиций отклонения профиля продольного сечения обрабатываемых поверхностей; метод определения характеристики сопротивляемости станка по положению шпинделя тепловым воздействиям с позиций отклонения профиля продольного сечения и расположения обрабатываемых поверхностей.

Разработанные методы базируются на использовании современной измерительной и контрольно-регистрирующей аппаратуры и специально спроектированных и изготовленных устройствах. Экспериментальные исследования проводились на токарном станке с ЧПУ модели 1Е61ПМ-ФЗ.

Научная новизна. Предложена методика оценки сопротивляемости станка силовым и тепловым нагрузкам возникающим во время межналадочного периода по положению шпинделя. В основу методики положены разработанные в данной работе методы определения характеристик силового и теплового сопротивления станка с позиций отклонения профиля продольного сечения и расположения обрабатываемых поверхностей.

Практическая ценность. Разработанные в диссертации методические положения позволяют проводить испытания станков по параметру точности положения оси шпинделя относительно направляющих а с помощью выявленных характеристик силового и теплового сопротивления представляется возможность оценить качество станка по данному параметру и наметить пути повышения точности обработки путем конструкторских и эксплуатационных мероприятий.

Реализация работы. Проведенные исследования позволили разработать методические положения по испытанию токарных станков с ЧПУ по параметру точности взаимного положения оси шпинделя и направляющих станины и дать практические рекомендации по повышению точности станков по данному параметру. Данные материалы диссертационной работы приняты к использованию при конструкторской разработке, изготовлении и испытании токарных станков на машиностроительном предприятии. Ожидаемый годовой экономический эффект при выпуске 175 станков в год составляет 29750 рублей.

Апробация работы. Результаты работы доложены на научно -технической конференции "Повышение эффективности использования тех-

нологического оборудования с программным управлением", Пенза, октябрь 1980 г.; на научно-технической конференции "Повышение технико-эксплуатационных показателей машиностроительной продукции конструкционными и технологическими методами", Хабаровск, декабрь 1980 г. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-теоретических семинарах кафедры "Станки и автоматы механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1979-1981 гг., полностью работа доложена на вышеназванной кафедре в 1982 г.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в четырех печатных работах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка литературы и приложений, изложенных на 213 страницах. Содержит 136 страниц машинописного текста, 59 рисунков, 8 таблиц и список литературы из 99 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении обоснована актуальность работы, сформулированы основные положения выносимые на защиту, показана область применимости данных исследований.

В первой главе дается обзор исследований посвященных вопросам проведения испытаний станков на точность, по проблеме точности обработки деталей машин в современном машиностроении. Определено место станка в формировании точности обработки, подчеркивается актуальность вопросов обеспечения изготовления деталей высокой точности не только в заданных пределах допуска размера, но и в заданных пределах отклонений формы и расположения, параметры которых в значительной степени зависят от взаимного расположения формообразующих узлов в процессе обработки. В этой области выполнено много работ как советскими, так и зарубежными учеными. Общая картина формирования точности обработки складывается из исследований в области поведения конструкции станка, применяемого приспособления, инструмента, условий обработки. Теоретической базой для таких исследований служат работы выполненные Н.А.Бородачевым, А.П.Соколовским, Б.С.Балакшиным, В.С.Корсаковым, А.С.Прониковым, А.М.Дальским, А.Н.Гавриловым, К.С.Колевым и др.

Особое внимание при рассмотрении вопросов формирования отклонений формы и расположения приобретает задача определения пара-

метров положения формообразующих узлов в процессе работы станка, оказывающих непосредственное влияние на формирование данных отклонений. По направленности решаемых задач в существующих работах можно выделить две большие группы исследований. К одной группе отнесем те работы, которые решают задачи связанные с конструированием станков. Основной задачей в этом случае является расчет на этапе проектирования деформаций будущей конструкции от действия силовых и тепловых нагрузок. Ко второй группе работ можно отнести исследования, которые проводятся на существующем оборудовании с целью выявления точностных возможностей станка применительно к конкретным нуждам производства. Существует и все больше выдвигает свои требования третья область - это проведение испытаний. Данные исследования во временной последовательности находятся между проектированием и эксплуатацией. Существующие методы оценки влияния сил и тепла на деформации конструкции, разработанные в первой и второй областях исследований, не могут быть непосредственно перенесены в область испытаний.

В настоящее время известно большое количество разнообразных методов оценки деформаций технологической системы от действия силовых факторов. Существует два основных направления - это статический и производственный методы определения деформаций технологической системы. Одним из главных недостатков статического метода является то, что нагружение элементов станка осуществляется только силами резания, а нагружение и измерение деформаций производится на станке находящемся в статическом состоянии. Однако статический метод обладает тем преимуществом, что позволяет получать непрерывную характеристику поведения станка под действием широкого диапазона нагрузок и дает возможность иметь такие характеристики как в сумме, так и раздельно по узлам. В отличии от статических методов, производственный отражает реальную картину работы станка. Это широко распространенный и хорошо зарекомендовавший себя метод, который ставит цель определения суммарной жесткости всей технологической системы в производственных условиях. Этот метод разработан применительно к технологическим целям. Несмотря на многочисленные усовершенствования производственного метода, ограничения присущие заложенному принципу не позволяют определять долю погрешности обработки, которая зависит от конкретного узла. Данный метод не охватывает всего диапазона нагрузок и состояний станка.

Следует отметить, что в зависимости от конструкции станка и условий его нагружения, в частности с изменением направления силы резания и точки ее приложения, отжатие шпинделя при токарной обработке может измениться на прямо противоположное. Случай, так называемой, отрицательной жесткости. Следовательно в отношении формирования отклонения профиля продольного сечения может произойти не только количественное, но и качественное изменение. Поэтому для решения конструкторских задач необходимо исследование всей зоны обработки станка при различных сочетаниях нагружающей силы.

В области испытаний металлорежущих станков в отношении тепловых деформаций существующие работы, как правило, сводятся к определению зависимостей: изменение температуры элементов станка от чисел оборотов, времени работы; деформаций различных точек технологической системы от времени работы станка, от чисел оборотов и т.д. Из литературы не обнаружено существование специальных методов оценки теплового сопротивления станка для определения отклонений формы и расположения подобных тем, какие существуют для определения характеристик геометрической точности, виброустойчивости. Одна из сложностей проведения таких испытаний - это отсутствие критерия для сравнения поведения конструкций от действия тепловых деформаций.

Из литературы известно, что сопротивление конструкции силовым воздействиям изменяется с изменением теплового состояния станка. Исследование взаимосвязи между силовыми и тепловыми деформациями требует одновременного их измерения. Следовательно, необходимо создавать специальные методы однозначно определяющие характер поведения формообразующих узлов в реальных условиях эксплуатации станка в зависимости от всего спектра действующих силовых и тепловых нагрузок обусловленных технологическим процессом обработки деталей, с единой системой измерения силовых и тепловых деформаций конструкции.

В качестве объекта исследования выбран токарно-винторезный станок с ЧПУ среднего типоразмера модели 1Е61ПМ-Ф3.

На основании изложенного, для достижения поставленной цели исследования, возникает необходимость решения следующих задач:

I. Исследовать сопротивляемость станка по положению шпинделя силовым и тепловым воздействиям, возникающим за межналадочный период, и определить его реакцию этим воздействиям в виде мате-

матической модели.

2. Выявить критерии оценки сопротивляемости станка силовым и тепловым воздействиям и разработать методы их определения.

3. Проверить степень адекватности полученных зависимостей сопротивляемости станка реальному процессу обработки заданных поверхностей.

4. Обобщить полученный материал и дать рекомендации к методике проведения исследовательских и приемо-сдаточных испытаний по параметру положения шпинделя. Дать практические рекомендации по повышению точности токарного станка с ЧПУ модели 1Е61ПМ-ФЗ.

Вторая глава посвящена разработке методов исследования сопротивляемости станка силовым и тепловым воздействиям и разработке модели формирования точности станка при действии силовых и тепловых факторов по параметру взаимного положения оси шпинделя и направляющих. В основу работы положен методический подход, предложенный проф. А.С.Прониковым, базирующийся на основе учета действующих в изделии физических процессов, изменяющих выходные параметры и учитывающий их случайную природу.

При разработке методов оценки сопротивляемости станка силовым и тепловым нагрузкам возникающим в межналадочный период приняты следующие ограничения: 1) рассматриваемая зона формирования отклонений формы и расположения ограничивается зоной обработки в патроне, без поджатия задним центром, как наиболее распространенной и менее точной; 2) время работы станка ограничивается временем межналадочного периода; 3) в работе рассматриваются отклонения формы и расположения обусловленные точностью положения оси шпинделя за межналадочный период.

Разработка модели сопротивляемости станка силовым и тепловым воздействиям разбивается на два этапа. На первом этапе разрабатывается модель формирования точности станка по положению оси шпинделя, характеризующая общее представление об исследуемом процессе и вскрывающая основные действующие факторы, оказывающие влияние на формирование исследуемого выходного параметра. Второй этап предусматривает детализацию процессов изменяющих точность обработки, с учетом сформулированных задач. Он характеризуется построением математической модели сопротивляемости станка силовым и тепловым воздействиям.

Формирование точности положения шпинделя рассматривается также на двух этапах. Первый этап характеризуется статическим сос-

тоянием станка. На этом этапе геометрическая точность станка определяется точностью изготовления деталей и базовых узлов, их конструктивными параметрами, технологией изготовления и т.д. Второй этап наступает через определенный период времени работы станка, определяемый временем относительной стабилизации его выходных параметров. Поскольку время стабилизации тепловых деформаций элементов станка может быть соизмеримо с продолжительностью его непрерывной работы и даже превышать ее, используется понятие относительной стабилизации выходного параметра. Этот этап соответствует реальным условиям эксплуатации и характеризуется тем, что под влиянием энергии действующей на станок изменяются начальные геометрические характеристики станка. Тепло, которое образуется в конструкции во время работы станка, характеризует область определения, а изменение положения шпинделя относительно направляющих от действия этого тепла и силовых факторов характеризует область значений. Задача состоит в том, чтобы найти зависимость между параметрами, определяющими положение шпинделя и факторами, обуславливающими его изменение от действия силовых и тепловых нагрузок. При рассмотрении силовой сопротивляемости на первом и втором этапах, введен коэффициент изменения податливости из-за действия тепла. Погрешность положения шпинделя, приводящая к отклонениям формы и расположения обрабатываемых поверхностей, рассматривается в зоне патронной обработки с учетом длины обрабатываемых поверхностей. Положение фланца шпинделя однозначно определяется углом его разворота ξ и величиной радиального перемещения δ. В зависимости от факторов, определяющих положение шпинделя при силовых и тепловых воздействиях, значения ξ и δ могут изменяться не только по величине, но и по знаку, даже при обработке одной поверхности. При определении этих значений для отдельных реализаций необходимо учитывать силовые деформации, их изменение характеризуемое коэффициентом податливости, а также тепловые деформации.

В связи с таким сложным явлением возникает вопрос определения критериев, которые позволили бы быстро и качественно определять сопротивляемость конструкции силовым и тепловым воздействиям. В качестве такого критерия можно принять характеристики силового и теплового сопротивления. Наличие таких характеристик позволило бы: а) иметь непрерывную картину изменения выходного параметра от аргумента, по которой можно судить о поведении конст-

рукции в широком диапазоне нагрузок; б) объяснять поведение конструкции от действующих факторов; в) сравнивать конструкции станков по их сопротивляемости силовым и тепловым воздействиям; г) судить о результатах проведенных модернизаций; д) намечать конструкторские мероприятия с целью улучшения конструкции с точки зрения точности; е) решать вопросы оценки технологических возможностей станка и определять целесообразную область его применения.

Поскольку в основу построения математической модели положен экспериментальный принцип, встает вопрос обеспечения проведения исследования методическими положениями. Поэтому в данной главе значительное место отведено решению таких вопросов, как: разработка методов нагружения станка; выбор выходных контролируемых параметров; разработка способов и средств их измерений; определение методики получения и обработки данных.

Разработанный метод силового нагружения учитывает выбор точки приложения, направления и величины действующей силы резания. Разработка теплового метода нагружения предполагает отыскание источников тепла, которые необходимо учитывать при испытании станка; выбор нагрузок приводящих к тепловыделению и тепловым деформациям, определение диапазона их варьирования; определение продолжительности нагружения.

Для определения положения занимаемого фланцем шпинделя в пространстве относительно направляющих достаточно следить за проекциями принятых параметров ξ_δ, δ_δ, ξ_τ, δ_τ. Так как в процессе нагружения эти параметры изменяются во времени, определена система координат. За начало отсчета принята относительно неподвижная система координат жестко связанная со станиной $XOYZ$. Для определения угла разворота, непосредственно оказывающего влияние на формирование отклонений формы и расположения, выбрана подвижная система координат $X'O'Y'Z'$, оси координат которой параллельны неподвижной системы координат, а начало совпадает с центром передней опоры шпинделя.

Измерение положения фланца шпинделя производится на работающем оборудовании, при наличии стружки, смазывающе-охлаждающей жидкости, вибраций, тепловых и магнитных полей, в тоже время требуется достаточно высокая точность измерения, порядка долей микрометра и достаточно широкий диапазон измерения, порядка 100 мкм. Проведенный анализ показал, что наиболее подходящими

в этом случае являются пневматические средства измерений, на базе которых и была разработана измерительная схема. Проведена оценка точности используемого метода измерений.

В третьей главе проводится экспериментальная проверка предлагаемых методических положений, на примере оценки сопротивляемости силовым и тепловым воздействиям станка мод. 1Е61ПМ-ФЗ.

Поскольку в качестве критерия оценки сопротивляемости станка действию всего спектра силовых и тепловых нагрузок решено использовать характеристики, определяющие геометрическую точность положения фланца шпинделя с позиций отклонения формы и расположения, данная глава посвящена поиску таких характеристик.

Рассматривается два уровня решения данной задачи. Первый, когда определяется математическая модель реакции станка силовым и тепловым воздействиям. В этом случае рассматриваемые параметры станка представляют собой зависимости в виде одного или нескольких уравнений. Такие уравнения, как показано во второй главе работы, можно получить используя методику рационального планирования экспериментов. Доказано, что при силовом нагружении необходимо варьирование следующими факторами: диаметром D и длиной L обрабатываемых поверхностей; величиной составляющей силы резания в горизонтальной плоскости P_r ; углом ее действия φ . Для получения уравнений (I) , (2), проводилось 25 нагружений согласно составленного плана, который охватывает весь диапазон варьируемых факторов. Каждому нагружению соответствовала определенная заготовка, определяющая положение точки приложения силы, и один из 25 используемых резцов. Геометрия инструмента и режимы обработки подбирались таким образом, чтобы обеспечить заданную величину и направление силы резания. Для осуществления теплового нагружения, также как и при силовом, составлялся комбинационный квадрат. В этом случае варьировались числа оборотов шпинделя n , составляющие силы резания, диапазон которых определялся согласно разработанных в данной работе методических положений. Для исследуемого станка, как показали исследования, основное влияние на тепловыделения оказывает частота вращения шпинделя. Изменение положения шпинделя описывается следующими уравнениями. Для силового нагружения:

$$\delta_{cc} = (2{,}9 \cdot 10^{-2} D^{1{,}58} - 12{,}2\varphi - 2P_r - 3{,}8 \cdot 10^{-4} L^{2{,}78}) \cdot 10^{-2}; \quad (I)$$

$$\delta_{mc} = (8{,}5 \cdot 10^{-2} D^{1{,}44} - 8{,}3\varphi - 1{,}4P_r - 7 \cdot 10^{-4} L^{2{,}75}) \cdot 10^{-2}. \quad (2)$$

Для теплового нагружения (перемещения фланца шпинделя перес-

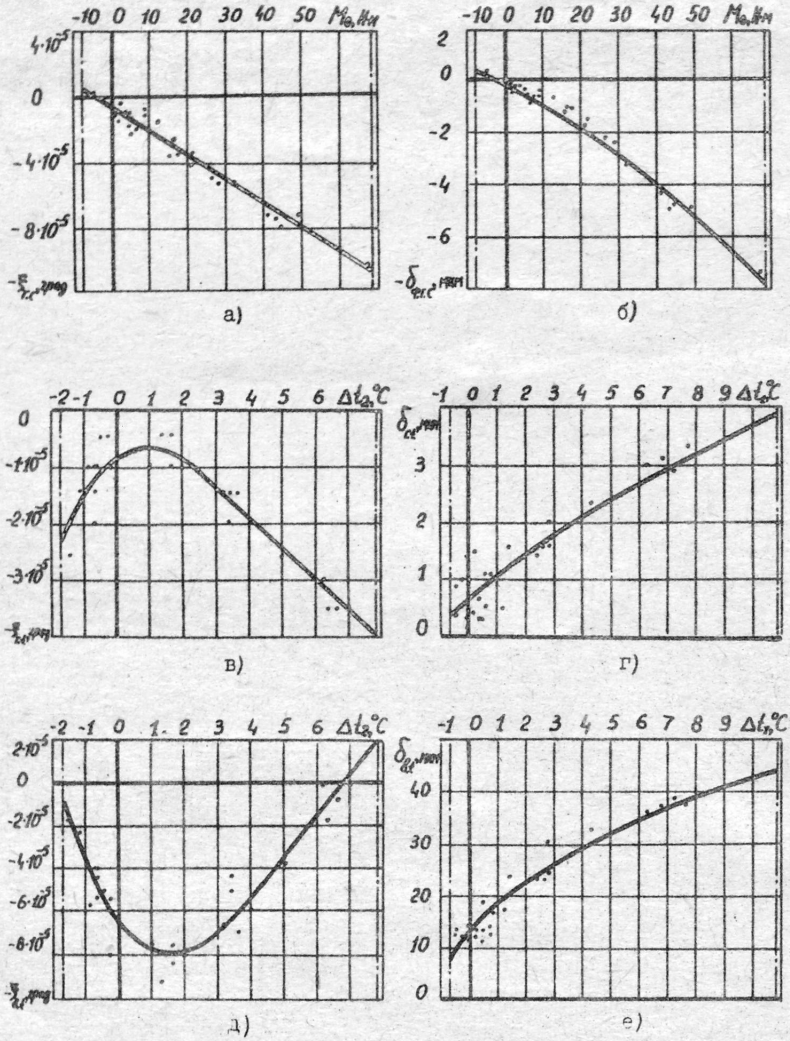


Рис. . Характеристики сопротивляемости станка силовым и тепловым воздействиям

читаны в зону передней опоры; n больше 280 об/мин):

$$\varepsilon_{r.t} = 10^{-5}(0{,}018 - 23 \cdot 10^{-3} n); \quad (3)$$

$$\delta_{r.t} = 0{,}25 \cdot 10^{-5} n^{0{,}98}. \quad (4)$$

Экспериментально подтверждена целесообразность использования такого подхода при проведении исследовательских испытаний. В этом случае полученная математическая модель сопротивляемости силовым и тепловым воздействиям позволяет оценить при совместном взаимодействии факторов, оказывающих влияние на положение фланца шпинделя в процессе работы станка, вклад каждого из них в отдельности на его реакцию. На данном этапе не ставится задача отыскания аргумента, отражающего результат взаимодействия варьируемых факторов. Следующий уровень решения задачи предусматривает отыскание таких аргументов. Так как уже есть информация полученная при исследовательских испытаниях, и при дальнейших испытаниях, для проведения контрольных, сравнительных, определительных, доводочных, приемо-сдаточных испытаниях, нецелесообразно проводить такой объем работ. Поэтому выдвигается задача получения характеристик более простым методом, с тем чтобы в дальнейшем, при исследовании станков одной и той же модели не повторять весь комплекс экспериментов заданных комбинационным квадратом.

В результате проведенных исследований установлены аргументы, отражающие результат действующих факторов, приводящих к нарушению точности положения формообразующих узлов. Для построения характеристики силового сопротивления таким аргументом служит разность моментов от составляющих сил резания в горизонтальной плоскости. Полученные характеристики, устанавливающие зависимости между деформациями конструкции станка, приводящими к изменению положения фланца шпинделя и действующими силовыми факторами, приведенными к такому аргументу, показаны на рис.I.а,б.

При отыскании аргумента, для получения характеристики теплового сопротивления станка, исследовалось его температурное поле и тепловые деформации. Было выдвинуто предположение, что в станке существуют характерные точки, температура которых однозначно определяет деформации конструкции, определены требования к ним. Такие точки были найдены. На рис.I. в,г,д,е приведены полученные характеристики теплового сопротивления конструкции станка, которые устанавливают зависимости между температурой характерных точек станка и деформациями конструкции. Название "характеристика

теплового сопротивления" - условное, физический смысл которой можно определить, как свойство конструкции станка сопротивляться изменению взаимного положения узлов, обусловленному действием тепла. Смещение оси шпинделя δ_t однозначно определяется разницей Δt_t, температур характерных точек, точки совпадающей с началом выбранной неподвижной системы координат и передней опоры шпинделя. Полученные зависимости перемещений шпинделя, приведенные к передней опоре, показаны на рис.I.г,е, соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Данный вид деформаций приводит к образованию отклонения размера. Изменение угла поворота зависит от разности Δt_2 температур передней и задней опор. Деформации шпиндельной бабки, приводящие к повороту оси шпинделя на угол $\xi = f(\Delta t_2)$ и влияющие на образование отклонения формы и расположения обработанной поверхности (рис.I.в,д) носят более сложный характер.

Для успешного использования полученных зависимостей необходимо, чтобы они количественно и качественно верно описывали свойства испытываемого станка. Поэтому для подтверждения достоверности полученных зависимостей производилась проверка их адекватности реальному процессу по обработанным на станке деталям. Расхождение между расчетно-экспериментальными значениями отклонения профиля продольного сечения, полученными с помощью выявленных характеристик и аттестованных на приборе "formtester" обработанных поверхностей не превышает 20 %.

Четвертая глава посвящена вопросам практического применения результатов исследования сопротивляемости станка силовым и тепловым воздействиям. Приведены основные положения разработанной методики. Предлагаемая методика содержит две части. Первая представляет собой методические положения и последовательность проведения испытаний по оценке сопротивляемости формообразующих узлов станков силовым и тепловым воздействиям с позиций отклонения профиля продольного сечения и отклонения расположения обрабатываемых поверхностей. На основе первой части разрабатываются методики проведения испытаний для конкретных моделей станков с учетом их конструктивных особенностей, технических характеристик и условий эксплуатации. В методике заложено использование стандартных программ для обработки результатов испытаний на ЭВМ.

Методические положения предлагаемой методики могут быть распространены на станки имеющие шпиндельные узлы аналогичные то-

карным станкам, например, фрезерные, расточные и т.п.

С помощью выявленных характеристик стало возможным оценивать конструкцию с позиций отклонения профиля продольного сечения обрабатываемых поверхностей и отклонения их расположения с учетом всего спектра действующих силовых и тепловых нагрузок. Полученные характеристики могут быть использованы для повышения точности токарных станков. При изготовлении станка стремятся шпиндель установить так, чтобы его ось была параллельна направляющим станины. В данной работе предлагается повысить точность взаимного положения формообразующих узлов путем предварительной коррекции начального положения оси шпинделя относительно направляющих, с тем чтобы по мере разогрева станка ось заняла требуемое положение. Для определения величины и направления угла коррекции (рис.2) необходимо иметь характеристику тепловой сопротивляемости станка и закон распределения нагрузок, действующих на станок и приводящих к выделению тепла пунктирная линия. Для станка мод. 1Е61ПМ-Ф3 $\varepsilon_{пор} = 1{,}4 \cdot 10^{-5}$ град,

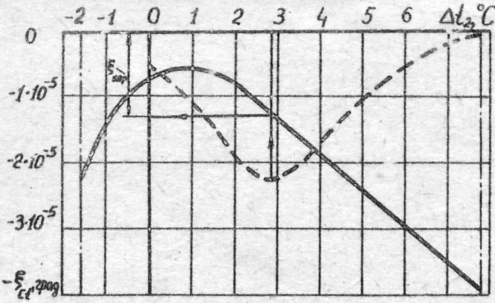


Рис.2. Определение угла предварительного искажения оси шпинделя

направление отклонения оси - в сторону оператора.

По полученным характеристикам можно оценить качество испытываемых станков. Так для исследуемого станка, смещение зоны обработки к передней опоре будет способствовать удлинению ветви характеристики рис.I,а с отрицательной разностью моментов и уменьшению ее части с положительными значениями M_0. Такая характеристика будет более рациональной, так как максимальная величина отжатий шпинделя уменьшится. Идеальный вид кривой $\varepsilon_t = f(\Delta t_2)$ это прямая линия параллельная оси 0, Δt_2 (рис.I,в,д). Отклонение от этой прямой можно использовать в качестве меры отклонения от совершенной конструкции. В рассматриваемом случае, несмотря на то, что вид кривой далек от прямой, шпиндельный узел можно считать хорошим, поскольку ветви кривой пологие, значения малы и угол имеет один знак отклонение в одну сторону.

Возможно применение таких характеристик и для решения техно-

логических задач, поскольку они позволяют определить долю погрешности вносимую шпиндельным узлом в формирование профиля продольного сечения и точность расположения во всем диапазоне действующих нагрузок т.е. при всех возможных вариантах технологического процесса. В качестве примера на рис.3 показан заданный профиль обработки и определенная с помощью характеристик доля погрешности профиля продольного сечения обусловленная влиянием шпиндельного узла. Исходными данными служат параметры конкретного технологического процесса.

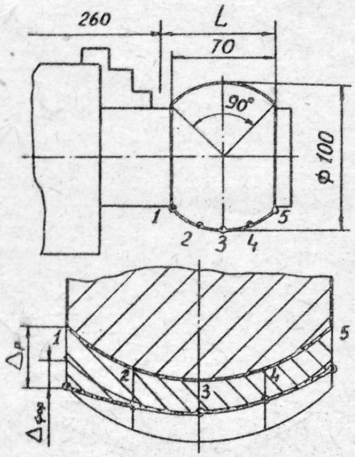


Рис.3. Определение отклонения профиля продольного сечения

Таблица I

Расчетные точки	Силы резания P_x	Силы резания P_z	Обороты шпинделя	Отклонение формы
№	Н	Н	об/мин	мкм
I	221,0	85,7	356	0
2	150,3	72,6	356	6,2
3	125,0	67,0	356	7,0
4	110,6	63,5	356	6,8
5	100,9	61,0	356	6,4

Таким образом, представленные в работе характеристики могут быть использованы и для решения вопросов оценки технологических возможностей оборудования, определения целесообразных областей его применения с точки зрения точности обработки.

ВЫВОДЫ

I. На основе проведенных исследований по определению сопротивляемости станка тепловым воздействиям установлено существование характеристики теплового сопротивления конструкции станка, устанавливающей зависимость между температурой характерных точек станка и деформациями конструкции.

2. В результате исследования сопротивляемости станка силовым воздействиям предложена видоизмененная интерпретация характеристики силового сопротивления конструкции станка, устанавливающая зависимость между деформациями конструкции станка, приводя-

щими к изменению положения фланца шпинделя и действующими силовыми факторами, приведенными к единому аргументу, разности моментов от составляющих сил резания в горизонтальной плоскости.

3. Полученные характеристики силового и теплового сопротивления станка по параметру положения фланца шпинделя, можно использовать в качестве критерия оценки сопротивляемости станка всему спектру силовых и тепловых нагрузок соответствующихмежналадочному периоду, с позиций отклонения формы и расположения.

4. На основании проведенных исследований, предложена методика оценки сопротивляемости конструкции станка силовым и тепловым воздействиям по параметру положения шпинделя с учетом всего диапазона эксплуатационных нагрузок действующих на станок за межналадочный период, в основу которой положены методы силового и теплового нагружения станка. Методика дает возможность проводить исследовательские, приемо-сдаточные испытания токарных станков по парметрам отклонения профиля продольного сечения и отклонения расположения обрабатываемых поверхностей.

5. Разработанная, при проведении исследовательских испытаний станка мод. IE6IПМ-ФЗ, математическая модель сопротивляемости силовым и тепловым воздействиям, позволяет оценить при совместном взаимодействии факторов, оказывающих влияние на положение фланца шпинделя в процессе работы станка, вклад каждого из них в отдельности на его реакцию.

6. Разработанные методы определения характеристик сопротивляемости станка по положению шпинделя силовым и тепловым воздействиям с позиций отклонения профиля продольного сечения и расположения обрабатываемых поверхностей, позволяют оптимизировать проведение контрольных, сравнительных, определительных, доводочных, приемо-сдаточных испытаний по параметрам точности взаимного положения формообразующих узлов.

7. На основании проведенной проверки адекватности выявленных характеристик силового и теплового сопротивления станка реальному процессу обработки деталей, установлена достоверность полученных зависимостей. Расхождение между расчетно- экспериментальными значениями отклонения профиля продольного сечения и аттестованных на приборе "Formtester" обработанных поверхностей не превышает 30 %.

8. Установлена целесообразность использования полученных характеристик для решения конструкторских задач, они позволяют:

производить оценку точности взаимного положения формообразующих узлов во всем спектре силовых и тепловых нагрузок; намечать конструкторские мероприятия с целью улучшения конструкции с точки зрения точности; контролировать качество выпускаемых станков по параметру точности положения шпинделя при силовых и тепловых воздействиях.

9. Показано, что с помощью выявленных характеристик можно решать задачи: определять долю погрешности, вносимую шпинделем в отклонение профиля продольного сечения и отклонение расположения обрабатываемых поверхностей при любых параметрах технологических процессов характерных для данного станка; решать вопросы оценки технологических возможностей станка с точки зрения точности обработки и определять наиболее целесообразную область его использования.

I0. В результате проведенных исследований и выявления характеристик сопротивляемости станка стало возможным, путем предварительного искажения начального положения оси шпинделя относительно направляющих, повышать точность взаимного расположения формообразующих узлов станка для мод. IE6IПМ-Ф3 до 20 %.

II. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанной методики и практических рекомендаций по повышению точности обработки на токарных станках с ЧПУ мод. IE6IПМ-Ф3 составляет 29750 рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

I. Байдаков А.М. Оснастка для испытаний шпиндельных узлов. - Машиностроитель, I98I, № 3, с. 46 - 47.

2. Дмитриев Б.М., Байдаков А.М. Метод измерения деформаций шпинделя токарного станка. - Изв. ВУЗов. Машиностроение, I98I, № 7, с. I20 - I22.

3. Дмитриев Б.М., Парфенов Ю.И., Байдаков А.М. Метод оценки деформаций шпинделя и суппорта металлорежущих станков при обработке. - Повышение технико-эксплуатационных показателей машиностроительной продукции конструкторскими и технологическими методами: Тез. докл. научно-техн. конф. Хабаровск, I980, с. 4I - 43.

4. Дмитриев Б.М., Байдаков А.М. Характеристика теплового сопротивления шпиндельного узла. - Станки и инструмент, I982, № 6, с. 24 - 26.

Байдаков

МВТУ