

Московский Государственный Технологический Университет  
"СТАНКИН"

173 07  
- 1 MAR 2000

*О.А. Чухвалова*

На правах рукописи

**Ерошенко Игорь Павлович**

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ И  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ  
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОБРАЗА ДЕТАЛИ.**

Специальность 05.03.01 – Процессы механической и физико-  
технической обработки, станки и инструмент.

*Ерошенко*

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук.

Москва, 1999.

Работа выполнена в Московском Государственном Технологическом Университете "СТАНКИН".

Научный руководитель : Доктор технических наук,  
профессор  
А.В.Пуш

Официальные оппоненты: Доктор технических наук,  
профессор  
В.С.Хомяков

Кандидат технических наук, доцент  
С.Н.Иванников

Ведущая организация : ОАО "Красный пролетарий"

Защита диссертации состоится 2 мая 2000 г. в \_\_\_\_ часов  
на заседании Диссертационного Совета К 063.42.05 при Московском  
Государственном Технологическом Университете "СТАНКИН" по адресу:  
101472, ГСП, Москва, К-55, Вадковский пер., д. 3а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского  
Государственного Технологического Университета "СТАНКИН"

Автореферат разослан "28" января 2000 г.

Ученый секретарь Диссертационного  
Совета К063.42.05  
К.т.н., доцент



Ю.П.Поляков

## Общая характеристика работы

### Актуальность работы

Обеспечение точности металлообрабатывающего оборудования является одной из важнейших проблем современного производства. Металлообрабатывающие станки, с одной стороны, сами являются высокоточными технологическими машинами, сосредоточившими в себе последние достижения науки и техники, с другой стороны, предназначены для изготовления деталей других машин. Именно станки в основном формируют те показатели качества, которые определяют достоинства выпускаемых изделий.

При изготовлении деталей типа тел вращения, на долю которых приходится более 30% в общем объеме производства деталей машиностроения, преобладает токарная обработка, применяемая на разных стадиях технологического процесса. При эксплуатации станок подвергается многочисленным внешним и внутренним воздействиям, под действием которых создаются условия для изменения первоначальных характеристик станка. Вследствие этого выходные параметры точности станка изменяются в широком диапазоне, оказывая доминирующее влияние на формирование значений параметров точности деталей. И как следствие, *реальный геометрический образ детали*, который представляет собой значения метрологических параметров точности обработанной детали, не совпадает с *идеальным геометрическим образом*, который формируется как совокупность метрологических параметров точности, нормируемых чертежом детали. Так как при финишной обработке дорогостоящих деталей на прецизионных станках брак недопустим, то очевидна необходимость прогноза и оценки ожидаемой точности обработки еще до ее начала, что будет дешевле потерь от брака. С другой стороны стоимость прецизионных станков велика, что вызывает необходимость обеспечить их эффективную эксплуатацию.

Поэтому разработка методов обеспечения точности и высокой производительности прецизионной токарной обработки является актуальной научно-технической задачей, имеющей важное научно-практическое значение. Один из таких способов разрабатывается в данной работе. Он заключается в подборе оптимальных по точности и производительности режимов токарной обработки по результатам сравнения идеального геометрического образа и *прогнозируемого геометрического образа*, который формируется, как совокупность ожидаемых значений координат точек поверхности детали в пространстве.

**Цель работы:** оценка ожидаемой точности токарной обработки до ее начала и выбор наиболее производительных режимов резания по результатам сравнения прогнозируемого и реального геометрических образов детали.

**Научная новизна работы заключается :**

1. В статистической оценке ожидаемой точности токарной обработки по результатам сравнения прогнозируемого и идеального геометрических образов детали по регламентированным показателям точности.
2. В математическом обеспечении построения прогнозируемого геометрического образа детали до начала обработки на основе статистических данных о поведении формообразующих узлов станка.

**Практическая полезность:**

1. В алгоритмическом и программном обеспечении выбора оптимальных по точности и производительности режимов токарной обработки.
2. В разработанной базе данных, связывающей параметры точности прецизионных токарных станков и режимы обработки.

**Апробация**

Основные результаты работы доложены на :

1. Международном конгрессе “Конструкторско-технологическая информатика КТИ-96”.
2. Открытой научной конференции МГТУ “Станкин” “Учебно-научного Центра Математического моделирования МГТУ “Станкин” и ИММ РАН”, апрель 1999г.
3. Заседания кафедры Теории технологических машин МГТУ “СТАНКИН”  
Работа выполнена в соответствии с программой “Конверсия” министерства образования РФ.

**Содержание работы**

Во введении обосновывается актуальность работы и дается ее общая характеристика.

**Первая глава** посвящена анализу современного состояния вопроса и обзору научных трудов, послуживших базой для настоящей работы. Сформулированы цель и задачи работы.

Во **второй главе** рассмотрена общая методика прогнозирования точности токарной обработки. Суть данной методики прогнозирования точности до начала обработки заключается в сравнении идеального геометрического образа детали, формируемого по данным чертежа и не учитывающего погрешность обработки, с прогнозируемым геометрическим образом детали, получаемым моделированием процесса её обработки на станке (рис 1).

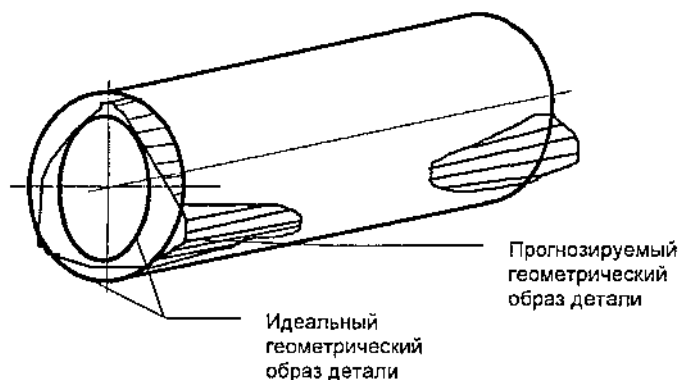


Рис 1 Наложение прогнозируемого геометрического образа на идеальную форму детали

Ограничениями данной методики является то, что не рассматриваются долгосрочные процессы, приводящие к потере точности обработки такие, как износ деталей станка и инструмента; необходимо иметь априорную информацию о параметрах траекторий формообразующих узлов станка.

**Третья глава** посвящена методике построения идеального и прогнозируемого геометрических образов(ГО) детали.

Прогнозируемый геометрический образ дает возможность оценить размеры и форму детали. Как известно, точность формообразующих движений станка, а в данном случае точность вращения шпинделя и движения подачи, оказывают решающее влияние на точность обрабатываемой детали.

*Показатели точности для шпиндельного узла.* Для оценки точностных возможностей шпиндельного узла станка необходимо решить задачу определения положения в пространстве переднего торца шпинделя в любой момент времени .

Для этого целесообразно рассмотреть поведение в пространстве характеристического вектора  $R$ . Начало вектора находится в опорной точке на пересечении оси шпинделя с плоскостью установочной базы переднего конца шпинделя (рис.2.1). Вектор перпендикулярен к плоскости установочной базы (касателен к оси шпинделя в указанном месте расположения опорной точки). Положение шпинделя в пространстве характеризуется пятью показателями - координатами  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  опорной точки  $O$  и углами  $\alpha$ ,  $\beta$  характеристического вектора  $R$ .

Если рассмотреть изменение положения опорной точки  $O$  при изменении угла поворота шпинделя, то совокупность её положений в пространстве ( $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $O_4$ ) будет составлять траекторию шпиндельного узла (рис 2.2), а значения  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ ,  $\alpha$  и  $\beta$  для соответствующей опорной точки  $O$  при мгновенном смещении шпинделя под воздействием возмущающих воздействий определяют форму и размеры профиля поперечного сечения обработанной поверхности. Значения линейных смещений  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  опорной точки  $O$  точно вдоль оси обрабатываемой поверхности, а изменение углов  $\alpha$  и  $\beta$  будет влиять на точность в продольных сечениях.

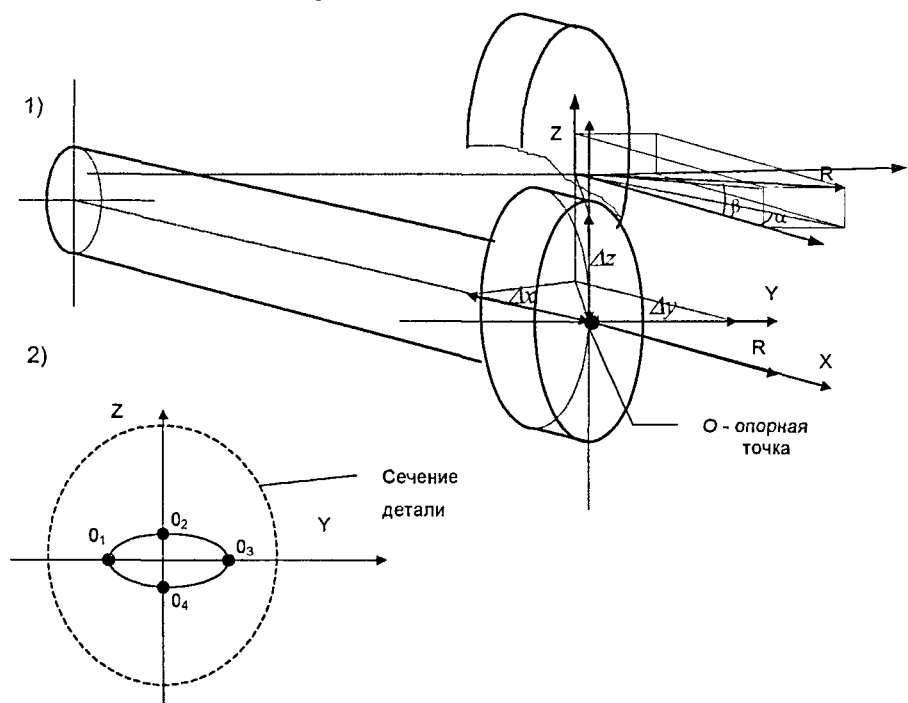


Рис 2. Выходные параметры шпиндельного узла токарного станка .

*Параметры точности суппортной группы* . Это другой основной формообразующий узел токарного станка , обеспечивающий перемещение режущего инструмента по номинальной , то есть в идеале абсолютно прямой , траектории .

Для оценки точностных возможностей суппорта станка достаточно выбрать одну опорную точку , которая условно совпадает с вершиной реза (рис.3) Точность суппортной группы и будет оцениваться параметрами траектории данной точки . Погрешность этой траектории будет определять точность размера и формы обрабатываемой поверхности в совокупности с погрешностью траектории шпиндельного узла.

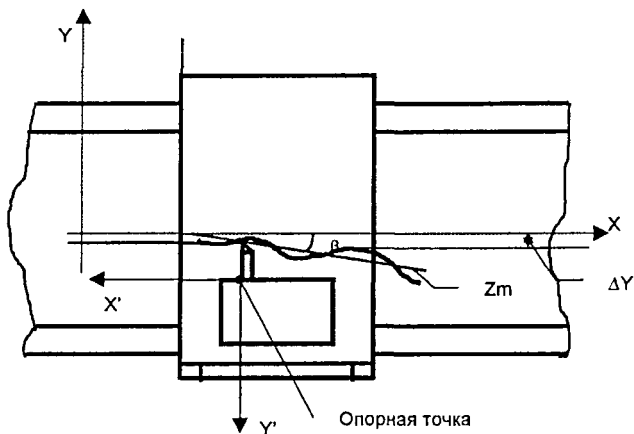


Рис 3. Выходные параметры суппорта токарного станка .

Для суппорта , как и для шпиндельного узла станка , задача нахождения положения точки , соответствующей вершине реза , в пространстве сводится к плоской в плоскости  $XOZ$  . Отклонение положения реза в этой плоскости непосредственно переносится на обрабатываемую поверхность и сказывается на погрешности продольного сечения .

Отклонение траектории реза от номинала характеризуется параметрами :  $\Delta X_c$  и  $\Delta Z_c$  -отклонением от предполагаемой траектории движения суппорта .

Представление траекторий формообразующих узлов станка посредством разложения в математические ряды не представляется целесообразным из-за невозможности обратного преобразования, вследствие отсутствия данных о начальных условиях преобразования . (Например для преобразования Фурье - нет данных о начальных фазах). Поэтому принято решение хранить

информацию о траекториях узлов станка в виде совокупности дискретных точек (для траектории ШУ - 128 точек для каждой исследуемой частоты вращения, а для координат суппорта - с шагом 0.1мм)

Получение и накопление этих данных о точности движений формообразующих узлов станка производится при проведении испытаний станка. Для шпиндельного узла с помощью диагностического комплекса, разработанного на кафедре ТТМ к.т.н. В.В.Юркевичем под руководством д.т.н, профессора А.В.Пуша. (Рис 4.)

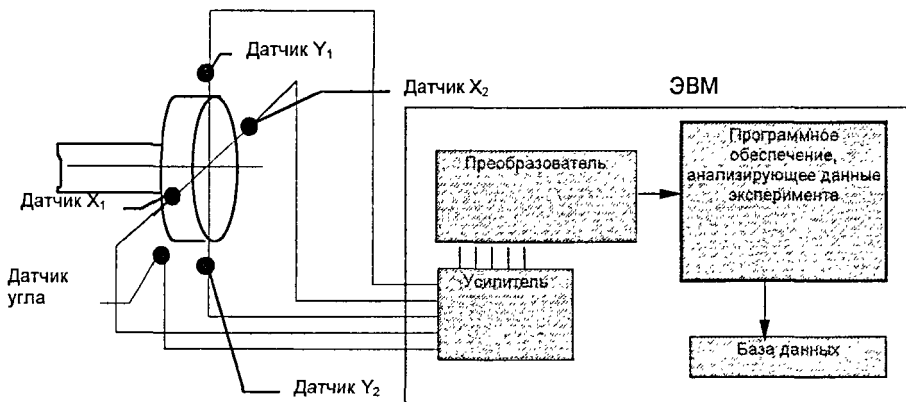


Рис 4. Диагностическая установка шпиндельного узла токарного станка

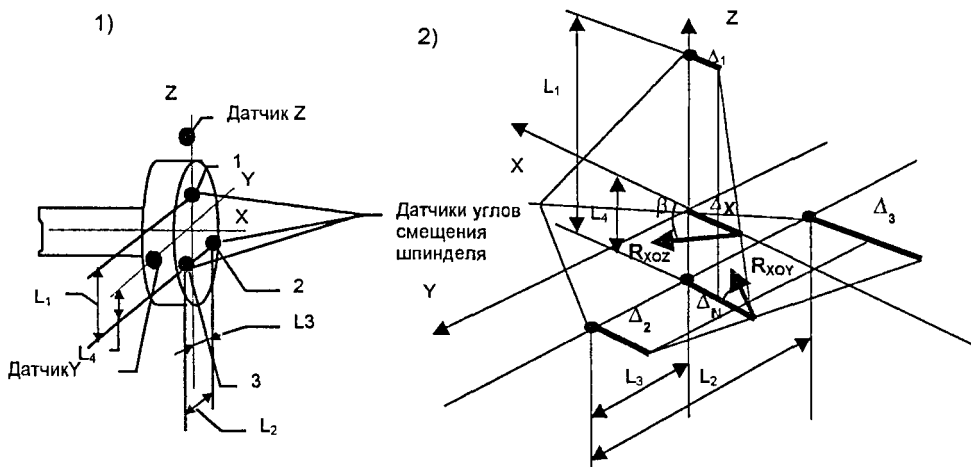


Рис 5. Модификация диагностической установки шпиндельного узла токарного станка



Данная установка не позволяет получать данные о динамическом изменении значений линейного смещения  $\Delta x$  и углов  $\alpha$  и  $\beta$  вектора  $R$  для опорной точки, поэтому в данной работе предлагается добавить в неё три торцевых датчика (рис 5.1) Это позволит, используя расчетную схему, показанную на рис.5.2, вычислить значения недостающих параметров:

$$\Delta_N = \Delta_2 + \frac{L_3}{L_2} (\Delta_3 - \Delta_2) \quad \Delta X = \Delta_1 + \frac{L_1 - L_4}{L_1} (\Delta_N - \Delta_1)$$

$$\beta = 90 - \arctg \frac{\Delta_1 - \Delta_N}{L_1} \quad \alpha = 90 - \arctg \frac{L_2}{\Delta_2 - \Delta_3}$$

Для получения данных о траекториях приводов движений подач использована измерительная система HP-5528A фирмы "Hewlett Packard" по методике ОАО «Красный пролетарий».

#### *Статистическая обработка экспериментальных данных*

Экспериментальные данные подвергаются статистической обработке

1. Вычисляется среднее значение и среднеквадратичное отклонение и вносятся в базу данных о траекториях формообразующих узлов станка.

В процессе определения прогнозируемого геометрического образа детали данные о траекториях извлекаются из базы данных в соответствии с используемыми режимами резания и определяются координаты точек траектории формообразующих узлов станка:

$$X = Xa + z_{p\%} \cdot \sigma_X$$

где  $Z_{p\%}$ - квантиль, соответствующий заданной вероятности достоверности прогноза.

#### *Построение прогнозируемого геометрического образа.*

Прогнозируемый геометрический образ детали представляет собой совокупность точек в пространстве, образующую поверхность обрабатываемой детали (рис.б.). Дискретность точек зависит от дискретности информации с траектории вращения шпиндельного узла и движения по направляющим собранной в банке данных.

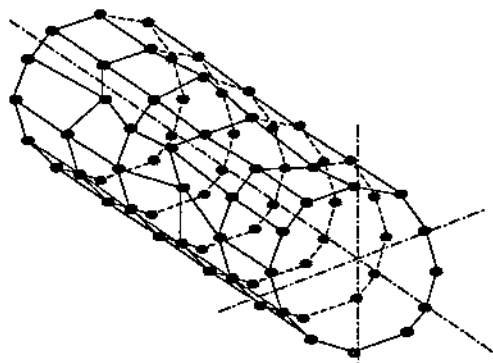


Рис 6. Прогнозируемый геометрический образ.

Исходными данными для расчетов параметров прогнозируемого геометрического образа служат:

- база данных о траекториях вращения шпиндельного узла на различных частотах вращения
- база данных о траекториях движения

Последовательность расчета прогнозируемого геометрического образа:

1. Выбор значения вероятности достоверности прогноза  $P$  и определение значние квантиля  $z_p$ , соответствующего заданной вероятности достоверности прогноза.

2. Назначение режимов резания (частоты вращения шпинделя  $n$ , глубины резания  $t$  и подачи  $s$ ) и определение ожидаемых значений составляющих силы резания для данных режимов резания –  $F_x, F_y, F_z$ .

3. Определение координат точек траектории вращения шпиндельного узла для каждой плоскости сечения детали, находящейся на расстоянии  $L$  от торца шпинделя:

3.1. Получение координат из базы данных для каждого значения угла поворота шпинделя –  $\varphi$ . Ключевыми параметрами для поиска значений координат являются частота вращения  $n$  и значение  $\varphi$ :

$$Z_{n,\varphi} = Z + z_p \cdot \sigma_Z; Y_{n,\varphi} = Y + z_p \cdot \sigma_Y; X_{n,\varphi} = X + z_p \cdot \sigma_X$$

$$\alpha_{n,\varphi} = \alpha + z_p \cdot \sigma_\alpha; \beta_{n,\varphi} = \beta + z_p \cdot \sigma_\beta$$

3.2. Поправка координат в соответствии со значениями углов смещения торца шпиндельного узла:

$$Z_{L,n,\varphi} = Z_{n,\varphi} + L \cdot \sin(\beta_{n,\varphi}); Y_{L,n,\varphi} = Y_{n,\varphi} + L \cdot \sin(\alpha_{n,\varphi})$$

3.3. Поправка координат на величину погрешности крепления заготовки в приспособлении по осям координат -  $\Delta Z_{np}$ ,  $\Delta X_{np}$  и  $\Delta Y_{np}$ :

$$Z_{\Delta Z_{np},L,n,\varphi} = \pm \left[ \left| Z_{L,n,\varphi} \right| + \left| \frac{\Delta Z_{np}}{2} \right| \right]; Y_{\Delta Y_{np},L,n,\varphi} = \pm \left[ \left| Y_{L,n,\varphi} \right| + \left| \frac{\Delta Y_{np}}{2} \right| \right];$$

$$X_{\Delta X_{np},L,n,\varphi} = \pm \left[ \left| X_{n,\varphi} \right| + \left| \frac{\Delta X_{np}}{2} \right| \right]$$

3.4. Поправка на величину статической деформации детали под действием сил резания:

- вычисление смещений оси детали  $\Delta Z_{CT}$  и  $\Delta Y_{CT}$  из-за статической деформации под действием сил резания

$$\Delta Z_{CT} (\Delta Y_{CT}) = \frac{F_Z (F_Y) \cdot L^3}{3EJ}$$

- коррекция значений координат

$$X_{\Delta X_{cm},\Delta X_{np},L,n,\varphi} = X_{\Delta X_{np},L,n,\varphi}$$

$$Z_{\Delta Z_{cm},\Delta Z_{np},L,n,\varphi} = Z_{\Delta Z_{np},L,n,\varphi} + \Delta Z_{cm}; Y_{\Delta Y_{cm},\Delta Y_{np},L,n,\varphi} = Y_{\Delta Y_{np},L,n,\varphi} + \Delta Y_{cm}$$

4. Определение координат точек траектории вершины инструмента при осуществлении движения подачи для плоскости сечения детали, находящейся на расстоянии  $L$  от торца шпинделя, расстояние от вершины инструмента до резцедержателя -  $m$ :

4.1. Получение координат из базы данных. Ключевыми параметрами для поиска значений координат для продольных направляющих является  $L$ :

$X_{\Delta L}, Y_{\Delta L}, Z_{\Delta L}$  - отклонение положения вершины инструмента от идеального по соответствующим осям и угловые отклонения в плоскостях YOX, ZOY, XOZ к осям X, Y, Z -  $\alpha_L, \beta_L$  и  $\phi_L$ .

Ключевыми параметрами для поиска значений координат для поперечных направляющих является  $R$  - расстояние от идеальной оси шпинделя до вершины инструмента:

$X_{\Delta R}, Y_{\Delta R}, Z_{\Delta R}$  - отклонение положения вершины инструмента от идеального по соответствующим осям и угловые отклонения в плоскостях YOX, ZOY, XOZ к осям X, Y, Z -  $\alpha_R, \beta_R$  и  $\phi_R$ .

4.2. Коррекция расчетных координат положения вершины инструмента ( $X_p, Y_p, Z_p$ ) в зависимости от погрешности направляющих с учетом вылета инструмента (рис 7.):

$$X_{L,R} = X_p + X_{\Delta L} - m(1 - \cos(\alpha_L)) + X_{\Delta R} - m(1 - \cos(\alpha_R))$$

$$Y_{L,R} = Y_p + Y_{\Delta L} - m(1 - \cos(\beta_L)) + Y_{\Delta R} - m(1 - \cos(\beta_R))$$

$$Z_{L,R} = Z_P + Z_{Э,L} - m(1 - \cos(\phi_L)) + Z_{Э,R} - m(1 - \cos(\phi_R))$$

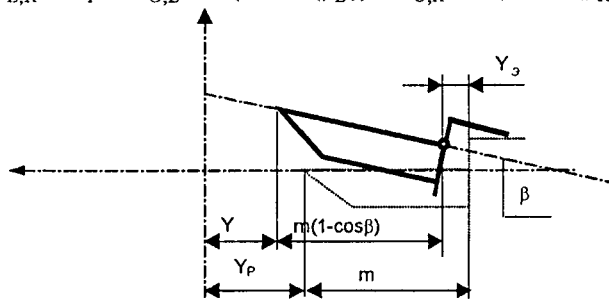


Рис 7. Определение положения вершины

4.2. Коррекция расчетных координат положения вершины инструмента в зависимости от погрешности статической деформации инструмента (рис 8.):

$$\Delta Z_{CT} = \frac{F_Z(F_X) \cdot L^3}{3EI}$$

$$X_{T,L,R} = X_{L,R} - \Delta X_{CT} ; Y_{T,L,R} = Y_{L,R} ; Z_{T,L,R} = Z_{L,R} - \Delta Z_{CT}$$

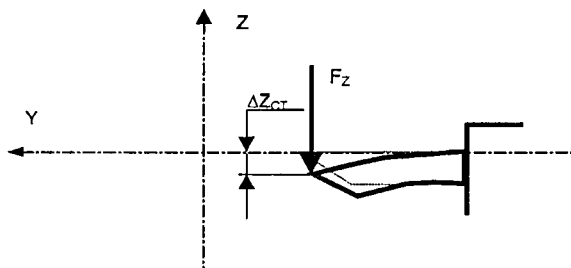


Рис 8. Коррекция расчетных координат положения вершины инструмента в зависимости от погрешности статической деформации инструмента

5 Определение координат точки поверхности детали для каждого момента обработки для значения угла поворота шпинделя  $\phi$  в плоскости сечения детали, находящейся на расстоянии  $L$  от торца шпинделя и на расстоянии от оси детали

Построение прогнозируемого геометрического образа сводится к учету всех формообразующих параметров: координат опорной точки шпиндельного ла и координат вершины инструмента, рассмотренных выше. Необходимо получить совокупность координат точек поверхности детали

Продольное точение

Составим расчетную схему (рис 9).

- Определяем длину радиус-вектора точки поверхности детали

$$R_{дет\varphi,L,R} = \sqrt{(R_{детид} + Y_{\Delta Y_{см}, \Delta Y_{нр}, L, n, \varphi} - Y_{T,L,R})^2 + (Z_{\Delta Z_{см}, \Delta Z_{нр}, L, n, \varphi} - Z_{T,L,R})^2}$$

где  $R_{детид} = R$

- Определяем координаты точки поверхности детали

$$Y_{дет\varphi,L,R} = R_{дет\varphi,L,R} \cdot \cos \varphi ; \quad Z_{дет\varphi,L,R} = R_{дет\varphi,L,R} \cdot \sin \varphi$$

Данная схема не учитывает случая наклонного расположения направляющих.

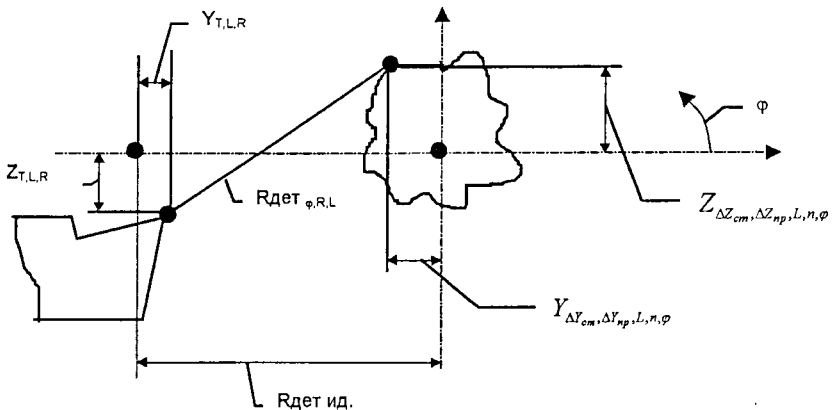


Рис 9. Расчетная схема для продольного точения.

Расчетная схема для станка с наклонными направляющими (рис 10).

Допустим направляющие наклонены на угол  $\tau$ .

Полярные координаты вершины инструмента в системе координат направляющих:

$$r = \sqrt{Y_{T,L,R}^2 + Z_{T,L,R}^2} ; \quad \omega = \arctg \left( \frac{Z_{T,L,R}}{Y_{T,L,R}} \right)$$

Приведение координат вершины инструмента к системе координат горизонтальных направляющих:

□ После поворота системы координат направляющих на угол  $\tau$  и определяем координаты вершины инструмента .

$$Y_{T,L,R}' = r \cdot \sin(\tau - \omega) ; Z_{T,L,R}' = r \cdot \cos(\tau - \omega)$$

□ Совмещаем с системой координат горизонтальных направляющих.

$$Y_{T,L,R,\tau} = R_{дет.ид.} \cdot (1 - \cos(\tau - \omega)) + Y_{T,L,R}' ; Z_{T,L,R,\tau} = R_{дет.ид.} \cdot \sin(\tau - \omega) + Z_{T,L,R}'$$

Определяем длину радиус-вектора точки поверхности детали

$$R_{дет.ф.,L,R} = \sqrt{(R_{дет.ид.} + Y_{\Delta Y_{см}, \Delta Y_{пр}, L, n, \varphi} - Y_{T,L,R,\tau})^2 + (Z_{\Delta Z_{см}, \Delta Z_{пр}, L, n, \varphi} - Z_{T,L,R,\tau})^2}$$

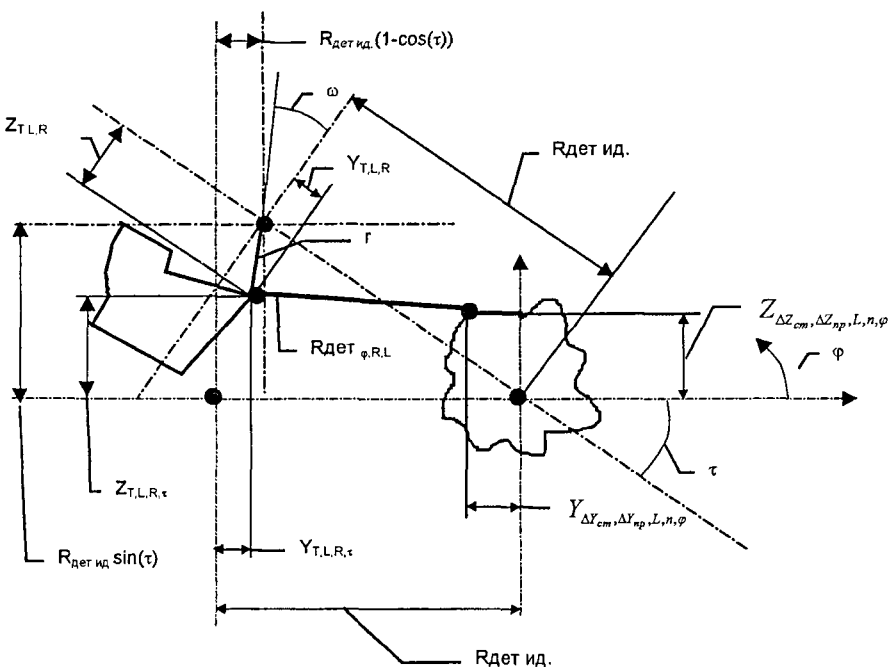


Рис 10. Расчетная схема для продольного точения на станке с наклонными направляющими.

Определение координат точки поверхности детали производится аналогично случаю компоновки станка с горизонтальными направляющими.

Поперечное точение. Расчетная схема рис 11.

- Определяем поправку на угловые смещения оси детали  $(\alpha, \beta)$  и наклон

направляющих  $\tau$ :  $X_{\alpha,\beta,\tau} = R \cdot \sin\left(\left(\frac{\beta-\alpha}{90}\right) \cdot \tau - \alpha\right)$

- Определяем координату точки поверхности детали.

$$X_{дет,φ,L,R} = L + X_{\Delta X_{см}, \Delta X_{пр}, L, n, φ} - X_{T, L, R} + X_{\alpha, \beta, \tau}$$

Для случая определения параметров прогнозируемого геометрического образа точения по обеим координатам возможно сложения результатов расчета для продольного и расчета для поперечного точения по методу суперпозиции, так как сложные кривые аппроксимируются линейными перемещениями по этим координатам.

В результате расчетов получается совокупность координат точек поверхности детали, которая и образует прогнозируемый ГО.

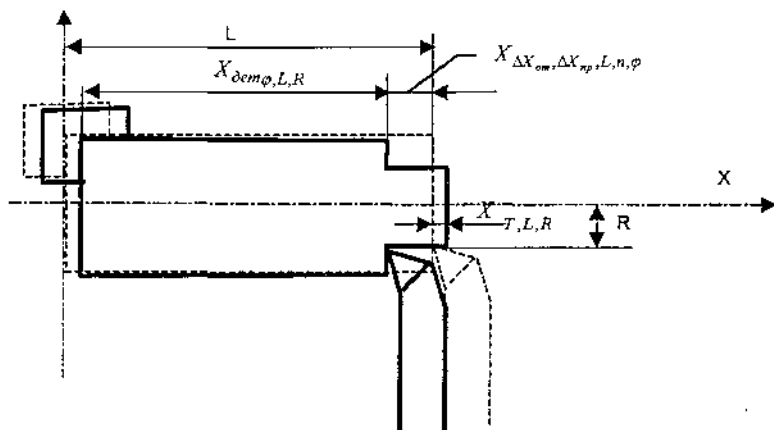


Рис 11. Расчетная схема для поперечного точения.

Идеальный геометрический образ детали не менее важен в процессе прогнозирования, чем идеальный. Он содержит в себе информацию о границах точности за которые не должна выходить значения метрологических параметров детали после её обработки. По сути дела все данные для формирования идеального геометрического образа задаются чертежом детали, а сам идеальный геометрический образ - совокупность метрологических параметров точности: точность размера; биение оси детали; отклонение от круглости; отклонение от прямолинейности.

В четвертой главе описывается методика сравнения прогнозируемого и идеального геометрических образов детали. Прогнозируемый ГО представляет собой массив координат точек пространства, но эти данные необходимо представить в виде, сопоставимом с метрологическими параметрами точности.

Для осуществления разложения виртуального образа поверхности детали на метрологические параметры точности необходимо получить для различных сечений прогнозируемого геометрического образа прилегающие окружности и линии. Для определения параметров прилегающей поверхности предполагается воспользоваться методом, предложенным доцентом С.Д.Пхакадзе, заключающемся в подборе прилегающей поверхности из всех возможных, используя математический аппарат комбинаторики.

Определив параметры прилегающих окружностей в поперечных сечениях прогнозируемого геометрического образа, мы получаем значения диаметрального размера поверхности, биения оси относительно технологической базы, отклонения от круглости; параметры прилегающих линий необходимы для определения значений линейных размеров и отклонения от прямолинейности. Таким образом, прогнозируемый геометрический образ представлен такими же метрологическими параметрами точности, что и идеальный геометрический образ. Это дает возможность их сравнения.

По результатам сравнения идеального ГО и, приведенного к нему, прогнозируемого ГО делается вывод о вероятности достижения заданной точности и параметрической надежности при данных режимах резания. При этом необходимым условием достижения заданной точности является попадание регламентированных параметров точности обработанной поверхности в установленные пределы. Достаточным же условием является обеспечение требуемой параметрической надежности точности обработки. Например, для диаметра поверхности детали  $i$  условие обеспечения точности размера:  $d_{i\max} \leq d_{\max}$  и  $d_{i\min} \geq d_{\min}$ , а условие обеспечения параметрической надежности обработки:  $n_{d_{\max}} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{d_{i\max} - d_{\min}} > 1$ ,  $n_{d_{\min}} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{d_{\max} - d_{i\min}} > 1$ ,  $n_d = \min(n_{d_{\max}}, n_{d_{\min}})$ .

**Пятая глава** посвящена применению данной методики прогнозирования точности токарной обработки для оптимизации режимов резания. Процесс оптимизации заключается в варьировании сочетаниями значений частоты вращения и подачи в заданных диапазонах с фиксацией режимов резания, отвечающих требованиям точности детали, с дальнейшим выбором из них наиболее производительного. Схема методики оптимизации приведена на рис.12.



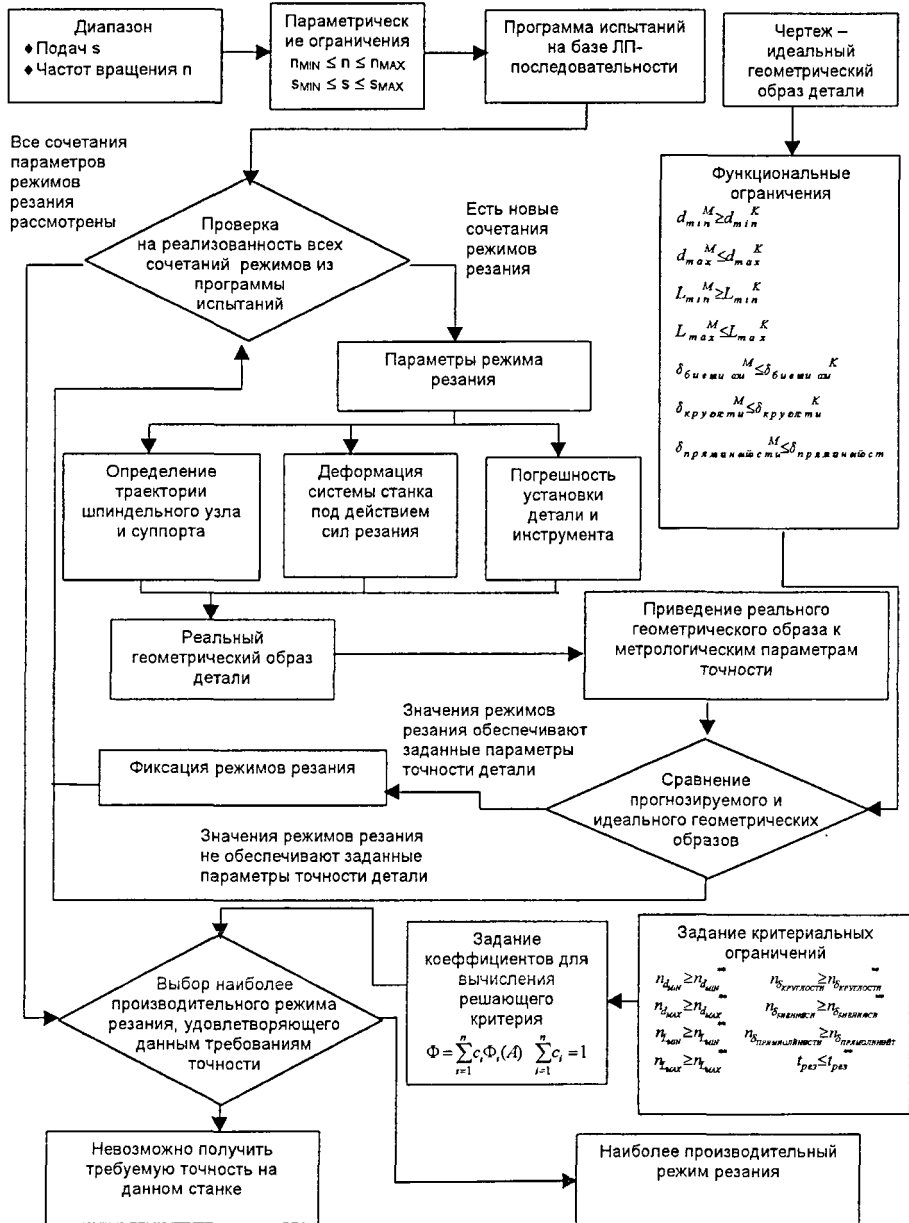


Рис 12 Схема методики оптимизации режимов резания

## Исходные данные расчета

Порядковый номер расчета

Идентификационный номер приспособления (FK)  
Идентификационный номер станка (FK)  
Идентификационный номер инструмента (FK)

## Параметры приспособлений

Идентификационный номер приспособления

Погрешность закрепления детали по оси X  
Погрешность закрепления детали по оси Y  
Погрешность закрепления детали по оси Z

## Характеристики станков

Идентификационный номер станка

Модель станка  
Минимальная частота вращения шпинделя  
Максимальная частота вращения шпинделя  
Минимальная скорость подачи  
Максимальная скорость подачи

## Параметры сверл

Идентификационный номер инструмента

Материал сверла  
Передний угол  
Задний угол  
Угол заточки  
Угол наклона поперечной режущей кромки  
Диаметр  
Длина

## Параметры резцов

Идентификационный номер инструмента

Материал резца  
Передний угол  
Задний угол  
Радиус вершины  
Передний угол в плане  
Задний угол в плане  
Вид сечения державки  
Материал державки  
Высота державки  
Ширина державки  
Длина державки

## Линейная траектория движения суппорта по координате X

Идентификационный номер станка (FK)

Положение суппорта  
Отклонение положения суппорта от идеального по оси X  
Отклонение положения суппорта от идеального по оси Y  
Отклонение положения суппорта от идеального по оси Z

## Линейная траектория движения суппорта по координате Y

Идентификационный номер станка (FK)

Положение суппорта  
Отклонение положения суппорта от идеального по оси X  
Отклонение положения суппорта от идеального по оси Y  
Отклонение положения суппорта от идеального по оси Z

## Круговая траектория опорной точки шпинделя

Идентификационный номер станка (FK)  
Частота вращения шпинделя  
Угол поворота шпинделя  
Сила резания

Среднее значение отклонения центра торца шпинделя по оси X  
Среднее значение отклонения центра торца шпинделя по оси Y  
Среднее значение отклонения центра торца шпинделя по оси Z  
Среднее значение угла наклона шпинделя в плоскости XOY  
Среднее значение угла наклона шпинделя в плоскости XOZ  
Среднеквадратичное отклонения центра торца шпинделя по оси X  
Среднеквадратичное отклонения центра торца шпинделя по оси Y  
Среднеквадратичное отклонения центра торца шпинделя по оси Z  
Среднеквадратичное отклонен угла наклона шпинделя в плоскости XOZ  
Среднеквадратичное отклонен угла наклона шпинделя в плоскости XOY

Рис 13 Схема базы данных.

В шестой главе проектируется база данных конструктивных параметров станка, инструмента, приспособления и экспериментальных данных испытаний ШУ и приводов подач станка для прогнозирования точности токарной обработки. Схема базы данных изображена на рис. 13.

Кроме того, там обосновывается выбор клиент/серверной архитектуры построения программного обеспечения, которая в настоящий момент признана во всем мире наиболее передовой формой работы с базами данных, и описывается программное обеспечение выбора оптимальных по точности и производительности режимов резания прецизионной токарной обработки.

В седьмой главе описывается эксперимент по назначению оптимальных режимов резания.

## Выводы

1. Оценку ожидаемой точности токарной обработки точных дорогостоящих деталей и выбор при этом наиболее производительных режимов резания следует производить по результатам сравнения прогнозируемого и идеального геометрических образов детали
2. Разработанные алгоритмическое и программное обеспечение поиска оптимальных по точности и производительности режимов токарной обработки, позволяют сократить время технологической подготовки производства, за счет исключения экспериментального выбора технологических режимов, и свести к минимуму потери от брака при изготовлении точных дорогостоящих деталей. Метод реализован в виде программного обеспечения архитектуры клиент/сервер. В качестве сервера базы данных использован Borland Interbase server 5.0, клиентская часть реализована в виде приложения для MSWindows 95/98. Полный цикл выбора оптимальных по точности и производительности режимов резания для программы испытаний из 44 точек потребовал  $\approx 1,7$  мин для компьютера Pentium 166 с ОЗУ 32Мбайта.
3. Показана необходимость учета вероятностной природы действующих на станок факторов и, как следствие, стохастичность прогнозируемых значений оцениваемых показателей точности.
4. Разработанная математическая модель построения прогнозируемого геометрического образа детали позволяет адекватно, с вероятностью 0.9, воспроизвести прогнозируемый геометрический образ предназначенной к обработке детали.

### Публикации

1. Ерошенко И.П. Структура базы данных при прогнозировании точности обработки // Конструкторско-технологическая информатика - КТИ-96: Труды третьего международного конгресса. -М: МГТУ"Станкин",1996 с.102-106.
2. Ерошенко И.П. Структура базы данных при прогнозировании точности обработки тел вращения // Проектирование технологических машин. Выпуск 1 - М.МГТУ"Станкин",1996.с.52-56.
3. Пуш А.В. Юркевич В.В., Ерошенко И.П. Прогнозирование формы детали при токарной обработке // Проблемы управления точностью автоматизированных производственных систем: сб. науч. трудов.- Пенза. 1996.с.9-11.
4. Ерошенко И.П. Прогнозирование точности обработки деталей типа тел вращения. Труды открытой научной конференции МГТУ "Станкин" и "Учебно-научного Центра Математического моделирования МГТУ "Станкин" и ИММ РАН", -М. Издательство "Станкин", 1999.С.81.
5. Пуш А.В., Ерошенко И.П., Пхакадзе С.Д. Прогнозирование геометрического образа обрабатываемой поверхности // Проектирование технологических машин: Сб. науч. трудов. Выпуск 15 / Под. ред. А.В.Пуша.- М: Издательство "Станкин". 1999.с.66-75.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Ерошенко И.П.**

**Обеспечение точности и производительности токарной обработки по результатам прогнозирования геометрического образа детали**

Сдано в набор

Подписано в печать

Формат 60x90/16

Бумага 80 гр/м<sup>2</sup>

Гарнитура "Times"

Объем 1,2 уч.-изд. л

Тираж 100 экз. Заказ № 1238

Издательство "Станкин" 101472, Москва, Вадковский пер., 3А

ЛР № 040072 от 22.08.99г.

ПЛД № 53-227 от 09.02.96г.