М497791

ГОСКОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ
Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи
УДК 621.9.015

ГРИГОРЯН Алексей Самсонович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ РАСТАЧИВАНИЯ СООСНЫХ ОТВЕРСТИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА УНИВЕРСАЛЬНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 1991

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Государственном Техническом Университете имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент О.Ф.Полтавец

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор Пуш А.В.
– кандидат технических наук, Пустырев В.Л.

Ведущее предприятие – СПО "Прогресс", г.Кимры

Защита состоится "28" 03 1991г.
на заседании специализированного совета К 053.15.15
...ческом Университете
...Москва Б-5, 2-я

...ться в библиотеке

...ном экземпляре, заверен-
...казанному адресу.

...02 1991г.

АА 491791

...лент Р.К.Мещеряков

Объем 1 п.л. Тир. 100 экз.
. Н.Э.Баумана

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный уровень высокоточной и производительной техники в машиностроении и перспективные задачи ее развития требуют повышения качества выпускаемых изделий. Показатели качества современных машин во многом зависят от точности изготовления их деталей, среди которых особое место занимают базовые детали. Они, как правило, имеют системы соосно расположенных отверстий, выполняющих роль направляющих и базирующих поверхностей для различных механизмов. Поэтому к точности формы и взаимного расположения соосных отверстий предъявляются очень высокие требования. В заводских условиях на серийном оборудовании эти точностные требования, как правило, обеспечиваются с большими материальными и трудовыми затратами. В сложившейся ситуации возникает проблема поиска резервов повышения точности и снижения трудоемкости обработки соосных отверстий корпусных деталей. Одним из эффективных путей повышения точности и производительности обработки является разработка новых схем и методов обработки. На современных машиностроительных предприятиях широкое распространение получила обработка заготовок корпусных деталей на многоцелевых, горизонтально- и координатно-расточных станках, оснащенных системами ЧПУ. В этих условиях системы соосных отверстий преимущественно обрабатывают по малопроизводительной схеме однорезцового консольного растачивания. Ввиду малой жесткости консольного инструмента обработка отверстий производится в несколько переходов и на низких режимах резания. Однорезцовое растачивание не позволяет совмещать чистовые, получистовые и черновые переходы, что так же является недостатком этой схемы резания. Ограниченное применение других схем консольного растачивания, в частности многорезцовых, во многом объясняется малой изученностью свойственных им механизмов формирования погрешностей формы и расположения номинально соосных отверстий.

Постоянно растущие требования к точности и производительности обработки заготовок корпусных деталей выдвигают задачу разработки более совершенных схем растачивания в ряд актуальных проблем современного машиностроения

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1497791
Григорян А.С.Разработка и

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

Цель работы. Технологическое обеспечение точности и производительности обработки соосных отверстий заготовок корпусных деталей в мелкосерийном производстве на универсально-расточных станках на основе новых схем растачивания.

Методы исследования. В работе использованы современные методы теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования процесса формообразования поверхности отверстия проводились с использованием положений теорий резания, упругости, интегральных исчислений и методов гармонического анализа.

Экспериментальные исследования выполнялись на современных металлорежущих станках оснащенных высокоточной контрольно измерительной и регистрирующей аппаратурой. Для измерения перемещений рабочих органов станков использовался метод лазерной интерферометрии. Для контроля обработанных образцов применялись современные измерительные устройства, оснащенные вычислительной техникой

Обработка экспериментальных данных осуществлялась методами теории вероятностей, математической статистики, численного анализа и ЭВМ.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры "Комплексная технология" МГТУ им. Н.Э. Баумана и в условиях действующего машиностроительного предприятия.

Научная новизна. Процесс формирования отклонения формы и расположения отверстий рассмотрен как результат воздействия комплекса технологических факторов, режимов резания, физико-механических свойств материала заготовки и анизотропии свойств технологической системы в различных зонах ее рабочего пространства.

Установлена возможность влиять на процесс формирования точности формы и расположения отверстий посредством технологической схемы растачивания. Получены аналитические зависимости, устанавливающие взаимосвязь конструктивно-технологических признаков схем растачивания с технологическими факторами, вызывающими погрешности расположения отверстий.

Разработаны технологические схемы, обеспечивающие повышение точности и производительности растачивания соосных отверстий в заготовках корпусных деталей путем устранения отрицательного влияния целой группы факторов.

Практическая ценность. Результаты работы в виде аналитических и графических зависимостей могут быть использованы на этапе конструирования нового расточного инструмента для выбора наиболее рациональных его конструктивно-технологических параметров. Применение разработанных схем позволит значительно повысить точность и производительность операций растачивания соосных отверстий в заготовках корпусных деталей. Полученные номограммы позволяют выбрать оптимальный маршрут обработки отверстий заготовок корпусных деталей, с выбором режимов обработки на универсально-расточных станках.

Реализация работы. Разработанные схемы растачивания в виде комплекта инструментальной оснастки внедрены на машиностроительном предприятии с ожидаемым годовым экономическим эффектом около 7,5 тысяч рублей.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на научных семинарах кафедры "Комплексная технология" в 1986-1989 гг.; всесоюзной научно-технической конференции "Обеспечение качества изделий механосборочного производства в машиностроении", Москва, 1990гг.

Публикации. Материал диссертации отражен в 4 публикациях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и списка литературы из 89 наименований, приложения, содержит 99 страниц машинописного текста, 59 рисунков, 29 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, дана общая характеристика работы.

В первой главе диссертации рассмотрена проблема технологического обеспечения точности и производительности растачивания соосных отверстий заготовок корпусных деталей в мелкосерийном производстве. На основе технической документации более 300 корпусных деталей установлены конструктивно-технологические показатели, характеризующие особенности их обработки. Проведен статистический анализ наиболее важных размерных характеристик и точностных параметров основных отверстий корпусных деталей. Проведен анализ типовых маршрутов обработки заготовок корпусных

деталей и точностных характеристик серийного оборудования для растачивания их основных отверстий. Установлено, что типовые маршруты не позволяют в достаточной мере обеспечить одновременно точность и производительность обработки основных поверхностей детали. Оценка нормативной точности универсально-расточных станков, проведенная с использованием метода эквивалентных координатных систем проф. Б.М.Базрова и метода оценки точности станка по "геометрическим образам" типовых поверхностей проф. А.С.Проникова, показала, что она находится на пределе требований современной техники. В этих условиях возникает необходимость в специальных технологических мероприятиях, способных при высокой производительности обеспечивать более высокий уровень точности обработки. В связи с этим на многих отечественных и зарубежных предприятиях наметилась тенденция разработки схем механического и автоматизированного управления параметрами процесса растачивания с целью обеспечения его производительности и точности.

Анализ более 30 существующих схем растачивания позволил выделить и систематизировать основные их технологические признаки, которые характеризуют особенности процессов формообразования поверхности отверстия. Анализ также показал, что каждая из рассмотренных схем построена по принципу уменьшения влияния на процесс формообразования какого-нибудь одного технологического фактора. В то же время при растачивании на технологическую систему действует целая группа факторов, удельный вес которых в процессе формирования суммарной погрешности сильно колеблется в зависимости от типа производства, габаритов детали, плана проведения операции и т.д. Поэтому рассмотренные схемы не универсальны и ограничены по уровню обеспечиваемой точности.

В результате анализа установлена потребность в новых схемах растачивания на основе комплексного управления качеством, за счет снижения отрицательного влияния на процесс формирования погрешностей обработки сразу нескольких технологических факторов. Решение этого вопроса требует исследования взаимосвязи между конструктивно-технологическими признаками схемы растачивания и погрешностями обработки. До настоящего времени в научных исследованиях эти взаимосвязи пока не установлены с необходимой для практического использования полнотой, что

затрудняет разработку эффективных методик синтеза новых схем растачивания.

На основании проведенного анализа и в соответствии с целью исследований в диссертации поставлены следующие задачи:

1. Теоретически и экспериментально исследовать влияние конструктивно-технологических признаков схем растачивания на процесс формирования погрешностей формы и взаимного расположения растачиваемых отверстий.

2. Разработать, теоретически и экспериментально исследовать схем растачивания, обеспечивающие повышение точности и производительности обработки соосных отверстий заготовок корпусных деталей.

3. Произвести производственную проверку эффективности разработанных технологических схем растачивания.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию влияния конструктивно-технологических признаков схем растачивания на процесс формирования отклонений расположения отверстий корпусных деталей.

На первом этапе рассматривался механизм воздействия технологических факторов на точность растачиваемого отверстия. Были установлены показатели для оценки влияния геометрических неточностей относительного движения инструмента и заготовки, неравномерного припуска и податливости на точность обработанного отверстия. Эти показатели были определены соответственно как "геометрический образ" (ГО), "поверхность исходного отверстия" (ПИО) и "поверхность податливости" (ПО). ГО, ПИО и ПП как замкнутые поверхности сложного рельефа были описаны рядами Фурье

$$\delta(\varphi,z)=\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{m}\delta_{ij}\cdot e^{i\varphi+j\frac{\pi}{L}z},$$

$$\rho_{и}(\varphi,z)=\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{m}\rho_{ij}\cdot e^{i\varphi+j\frac{\pi}{L}z}, \qquad (1)$$

$$W(\varphi,z)=\sum_{i=0}^{n}\sum^{m}W_{ij}\cdot e^{i\varphi+j\frac{\pi}{L}z},$$

где L – длина соосной системы;

n – число гармоник по углу поворота шпинделя φ;

m – число гармоник по длине обработки z.

Геометрическое место центров средних окружностей поперечных сечений указанных поверхностей, выражаемых первой гармоникой ряда ($i = 1$), были определены соответственно как "траектория центра вращения инструмента" (ТЦВИ), "ось исходного отверстия" (ОИО), "ось податливости" (ОП) и описаны уравнениями

$$\delta_1(\varphi, z) = \sum_{j=0}^{m} \delta_{1j} \cdot e^{\varphi + \frac{\pi}{L} z},$$

$$\rho_{и1}(\varphi, z) = \sum_{j=0}^{m} \rho_{и1j} \cdot e^{\varphi + \frac{\pi}{L} z}, \qquad (2)$$

$$W_1(\varphi, z) = \sum_{j=0}^{m} W_{1j} \cdot e^{\varphi + \frac{\pi}{L} z}.$$

Для установления взаимосвязи между введенными показателями и точностью расположения обработанных отверстий исследовалось относительное движение инструмента и заготовки в процессе растачивания однорезцовым консольным инструментом. В результате этих исследований было получено уравнение оси обработанного отверстия

$$\rho_0(\varphi, z) = (1 - CW_0 - Ct_н) \cdot \delta_1(\varphi, z) + CW_0 \rho_{и1} \cdot (\varphi, z) + Ct_н \cdot W_1(\varphi, z),$$

$$C = \sqrt{(C_{px} \cdot S^{y_{px}} \cdot v^{n_{px}})^2 + (C_{py} \cdot S^{y_{py}} \cdot v^{n_{py}})^2 + (C_{pz} \cdot S^{y_{pz}} \cdot v^{n_{pz}})^2}, \qquad (3)$$

где W_0 – средняя податливость технологической системы;

$t_н$ – номинальная глубина резания;

C_p – коэффициент зависящий от физико-механических свойств обрабатываемого материала заготовки и условий обработки;

S – подача;

V – скорость резания;

y_P, n_P – показатели степени при подаче, скорости резания соответственно;

x, y, z – индексы, указывающие на соответствие значений C_p, y_P и n_P составляющим силы резания P_x, P_y, P_z.

Полученное уравнение устанавливает характер переноса погрешностей ТЦВИ, ОИО и ОП на ось обработанного отверстия. Выделяя линейные части кривой $\rho_0(\varphi, z)$ методом наименьших квадратов и используя геометрические преобразования, были получены выражения погрешностей расположения соосных отверстий корпусных деталей в соответствии с СТ СЭВ 301-76.

Аналогичные теоретические исследования были проведены и для других схем растачивания, которые представляли технологические признаки схем, выделенные и систематизированные в литературном обзоре. Рассматривались случаи растачивания отверстий плавающим инструментом, многорезцовым инструментом работающим с делением припуска и подачи, инструментом с направлением по обработанной поверхности отверстия и др.

Было установлено, что при растачивании отверстий плавающим резцом увеличение податливости резца в радиальном направлении W_p приводит к интенсивному переносу осью обработанного отверстия (ООО) погрешностей исходной оси. В случае растачивания отверстий инструментом с направлением, ось обработанного отверстия помимо формы и положения ТЦВИ, ОИО и ОП переносит также соответствующие показатели оси направляющей поверхности (ОН), при этом на характер наследования оказывает влияние и взаимное положение в радиальной плоскости режущего и направляющего элементов. При растачивании отверстий двухрезцовым инструментом по принципу деления припуска характер переноса на ООО формы и положения ТЦВИ, ОИО и ОП во многом предопределен такими конструктивными признаками схемы как соотношение глубин резания на черновом и чистовом резцах $t_{н1}/t_{н2}$, а также углом γ между этими резцами в радиальной плоскости оправки. Основной особенностью двухрезцовой схемы, работающей с делением подачи являлось отсутствие переноса на ось обработанного отверстия формы и положения оси податливости.

Таким образом проведенные теоретические исследования установили взаимосвязь между факторами, действующими на техноло-

гическую систему при растачивании соосных отверстий корпусных деталей, режимами резания, конструктивно-технологическими признаками схем растачивания и образующимися в ходе обработки погрешностями расположения этих отверстий. Полученные зависимости определили основное направление синтеза новых схем растачивания отверстий в заготовках корпусных деталей на универсально-расточных станках.

Третья глава посвящена разработке схем растачивания повышающих точность и производительность обработки соосных отверстий корпусных деталей.

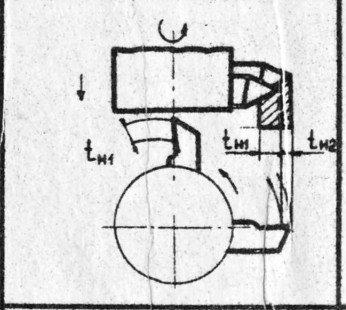
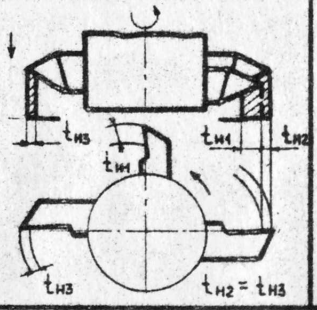
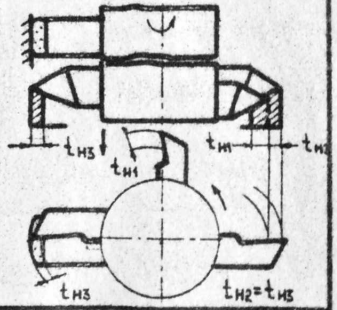
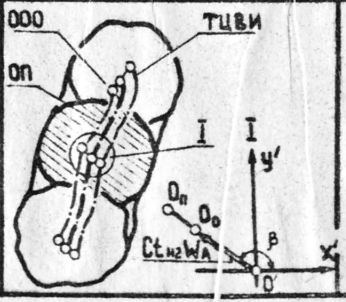
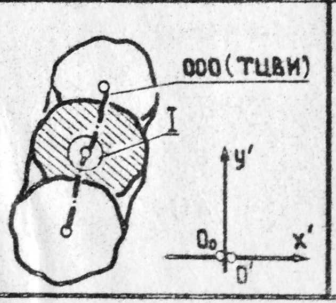
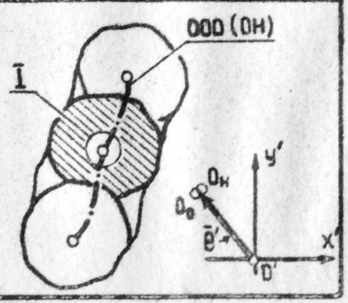
Теоретическая разработка новых схем растачивания была проведена на основе выбора наилучших, с точки зрения повышения точности и производительности обработки, конструктивно- технологических признаков и их комбинаций. После чего строились расчетные модели процессов растачивания по предлагаемым схемам и определялись аналитические выражения точности обработанных по соответствующим схемам отверстий.

Было установлено, что при растачивании отверстий двухрезцовой оправкой, работающей по принципу деления припуска с нетрадиционным взаимноперпендикулярным расположением резцов ($\gamma = 90^0$) в радиальной плоскости (схема СХII в табл. 1.), ось обработанного отверстия не переносит формы и положения оси исходного отверстия. То есть при обработке по этой схеме инструмент не самоустанавливается по исходной оси. Очевидно, что эту схему целесообразно использовать при черновой и получистовой обработке отверстий, поскольку в этих случаях погрешности исходного профиля оказывают доминирующее влияние на точность расположения отверстий.

Следующая схема была разработана на основе комбинации двух признаков деления припуска и подачи (схема СХ III в табл.1) с взаимноперпендикулярным расположением чернового и двух чистовых резцов в радиальной плоскости оправки. При обработке по этой схеме ось обработанного отверстия переносит лишь форму и положение ТЦВИ. То есть отклонение расположения обработанных по этой схеме отверстий формируется лишь от действия постоянных и закономерно изменяющихся погрешностей. Для уменьшения влияния последних на точность расположения отверстий, в следующей схеме (схема СХ IV в табл. 1.), был использован также такой тех-

Таблица 1.

Схемы формирования осей обработанных отверстий для разработанных схем

	Схема СХII	Схема СХIII	Схема СХIV
Схема растачивания			
Уравнение оси обработанного отверстия	$\rho_{0\,II} = (1 - Ct_{н2}) \cdot \delta_1(\varphi, z) + Ct_{н2} W_1(\varphi, z)$ (1)	$\rho_{0\,III} = \delta_1(\varphi, z)$ (2)	$\rho_{0\,IV} = \rho_{н1}(\varphi, z)$ (3)
Схема образования оси обработанного отверстия			

нологический признак как направление инструмента по обработанной поверхности отверстия. В этом случае на ось обработанного отверстия оказывает влияние лишь положение оси направляющей поверхности (ОН). Эту схему целесообразно использовать в тех случаях, когда к основным отверстиям корпусных деталей предъявляются жесткие требования по соосности. Так обрабатывая напроход в соосной системе, например из двух отверстий, второе отверстие и направляя инструмент по обработанной поверхности первого, достигается копирование осью второго отверстия положения оси первого, что является необходимым условием обеспечения соосности отверстий.

Полученные уравнения осей обработанных отверстий и схемы их формирования приведены в табл. 1. По выражениям (3-6) был проведен расчетно-сравнительный анализ разработанных схем с традиционной на основе однорезцового консольного растачивания.

С целью углубленного анализа схем, формирование точности рассматривалось не только непосредственно в зоне обработки, а во всей рабочей зоне станка. Предварительно были установлены значения параметров ТЦВИ, ОИО и ОП в рабочей зоне типовых станков, координатно-расточного модели 2В440А и горизонтально-расточного 2615. При определении значений ТЦВИ, использовалась высокоточная измерительная техника на основе неоно-гелиевого лазера и интерферометра HP5588H, а также методы интерполяции. Расчетный анализ был проведен на ЭВМ, моделированием различных условий обработки, с получением на дисплее и с выводом на графопостроитель ожидаемого пространственного положения осей обработанных отверстий в рабочих объемах горизонтально-расточного (рис. 1.) и координатно-расточного станков.

Проведенный сравнительный анализ установил возможность повышения точности расположения (до 4 раз) и производительности растачивания соосных отверстий заготовок корпусных деталей при использовании разработанных схем.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний разработанных схем.

На первом этапе исследований была потверждена достоверность разработанной математической модели реальному процессу растачивания. С этой целью был проведен дробно-факторный эксперимент 2^{4-1}_{IV}. При изменении параметров процесса растачивания

S = 0,04–0,15 мм/об, n = 60–800 об/мин, $t_н$ = 0,4–1,5 мм и $e_к$ = 0,005–0,03 мм ($e_и$ – эксцентриситет между центрами вращения инструмента и сечения исходного отверстия), определялось смещение центра обработанного сечения. Полученные экспериментальные значения смещений сравнивались с теоретическими. Для обеспечения необходимого числа откликов в плановом эксперименте растачивались образцы в виде толстостенных колец изготовленных из чугуна СЧ20 и стали Ст3. Кольца как до так и после растачивания контролировались на кругломере по наружной и внутренней поверхностям, что обеспечивало неизменную измерительную базу при контроле смещений центра обработанного сечения, в виде наружной поверхности кольца. Потверждение достоверности проводилось на основе дисперсионного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований по критерию Фишера.

На следующем этапе экспериментальных исследований были рассмотрены закономерности формирования осей обработанных отверстий в рабочем объеме станка 2В440А при растачивании по традиционной и разработанным схемам. По аналогии с предыдущим экспериментом, растачивались кольца и определялось смещение центра обработанного сечения. Кольца устанавливались в различные контрольные точки рабочей зоны. Геометрическое место центров обработанных сечений колец в направлении подачи шпинделя (Z), в рассматриваемой зоне рабочего пространства станка. Несовпадение теоретических и экспериментальных значений ООО в основном не превышало 16%. Для обоснования соответствия между ООО и осями отверстий реальной корпусной детали был расточен образец, представляющий корпусную деталь с системой двух соосных отверстий диаметром 110 мм. После растачивания проводилось сравнение положения осей отверстий детали с осями полученными в виде участков ООО, ограниченных геометрическими параметрами соответствующей соосной системы. Максимальное несовпадение осей в эксперименте составило 7%. По результатам исследований зависимости погрешностей расположения от режимов резания для разработанных и традиционной схемы растачивания соосных отверстий на координатно-расточном и горизонтально расточном станках были построены в виде номограмм (рис. 2.). Номограммы позволяют определить значения режимов резания необходимых для обеспечения заданного уровня точности расположения при растачивании отверстий по рассматриваемым схемам.

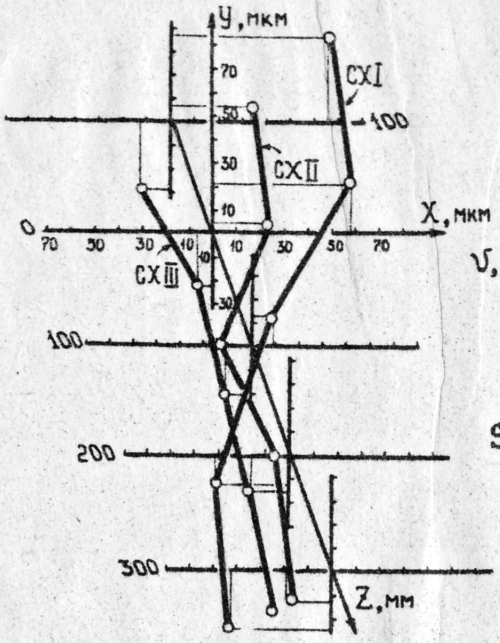


Рис.1. Ожидаемое положение осей отверстий обработанных по схемам СХ1, СХ11, СХ111 в рабочем объеме станка мод. 2615

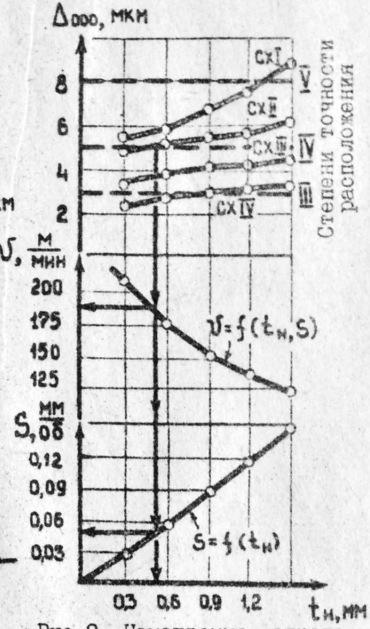


Рис.2. Номограмма, определяющая величину отклонений от соосности осей отверстий, растачиваемых по схемам СХ1, СХ11, СХ111, СХ1У от режимов резания

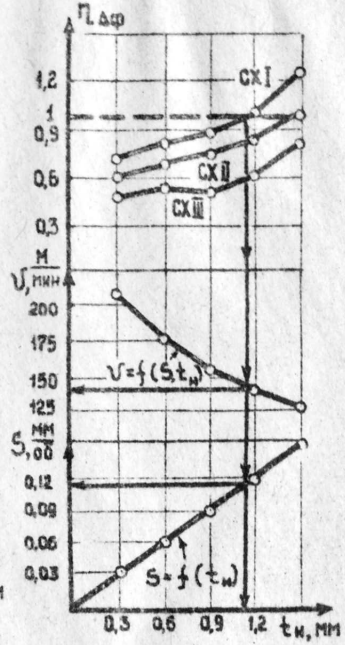


Рис.3. Зависимости коэффициента уточнения формы отверстий от режимов растачивания

Было проведено экспериментальное исследование влияния разработанных схем на образование погрешностей формы. Для контрольного сечения обработанного отверстия, определялись амплитудно-гармонические характеристики обработанного профиля. Полученные АГХ, методами корреляционного анализа, сравнивались с соответствующими данному сечению АГХ исходного профиля, АГХ эпюры податливости и АГХ сечения поверхности ГО. После чего строились зависимости коэффициента уточнения формы для разработанных и традиционной схем в виде номограммы (рис. 3.) .

По полученным номограммам проведен сравнительный анализ схем по обеспечению точности формы и расположения. Было установлено, что:

1. схема, работающая по методу деления припуска с взаимноперпендикулярным расположением резцов в радиальной плоскости повышает точность формы обработанных отверстий в 1,3 раза и точность расположения в 1,5-2,6 раз;

2. схема, сочетающая в процессе обработки принципы деления припуска и подачи повышает точность формы в 1,5-2,4 раза и точность расположения в 1,5-5 раз;

3. схема, сочетающая признаки деления припуска и подачи с направлением инструмента по обработанной поверхности отверстия, повышает точность расположения номинально соосных отверстий, растачиваемых напроход в 2-4 раза.

Для сравнения разработанных схем с традиционной по производительности обработки, на координатно-расточном и горизонтально-расточном станках растачивались заготовки корпусных деталей. Обработка заготовок проводилась в производственных условиях на действующем машиностроительном предприятии. По разработанным схемам была изготовлена инструментальная оснастка. В каждом случае обработка заготовок производилась как по базовому маршруту на основе традиционной схемы однорезцового консольного растачивания, так и по новому варианту на основе разработанных схем. Использование инструментальной оснастки изготовленной по разработанным схемам позволило повысить производительность операции растачивания соосных отверстий заготовок корпусных деталей на координатно-расточном станке в 1,8 раз и на горизонтально-расточном станке в 2,2 раза.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что формирование отклонений формы и расположения соосных отверстий корпусных деталей при растачивании являются результатом воздействия комплекса технологических факторов, режимов резания, физико-механических свойств материала заготовки и анизотропии свойств технологической системы в различных зонах рабочего пространства.

2. Установлена возможность влиять на процесс формирования точности формы и расположения соосных отверстий посредством выбора технологической схемы растачивания. Теоретически исследованы технические характеристики существующих схем, что позволило представить схему растачивания совокупностью конструктивных и технологических признаков.

3. Установлены конструктивно-технологические признаки схем растачивания и их комбинации, позволяющие устранить возникновение погрешностей обработки соосных отверстий от действия целой группы факторов.

На их основе разработаны принципиально новые схемы растачивания, которые решают задачу комплексного повышения точности и производительности обработки.

4. Разработана расчетная модель, позволяющая на ЭВМ моделировать процесс растачивания, для различных схем, при различных условиях обработки, в различных зонах рабочего пространства горизонтально-расточных и координатно-расточных станков, с получением на выходе ожидаемого пространственного положения осей обработанных отверстий и погрешностей их взаимного расположения.

5. Теоретически и экспериментально установлены технические характеристики разработанных схем растачивания.

Схема работающая с делением припуска с взаимноперпендикулярным расположением резцов, позволяет повысить точность формы в 1,3 раза и точность расположения в 1,5 – 2,5 раза за счет устранения погрешностей от неравномерности припуска.

Схема работающая с сочетанием принципов деления припуска и подачи повышает точность формы в 2 и расположения в 3-4 раза, за счет устранения погрешностей вызванных неравномерным припуском и неравномерной податливостью.

Схема сочетающая принципы деления припуска и подачи с направлением инструмента по обработанной поверхности отверстия повышает точность формы до 2 и точность расположения до 4 раз за счет устранения погрешностей вызванных неравномерностью припуска, податливости и геометрическими неточностями станка.

6. Получены номограммы зависимости точности обработки отверстий корпусных деталей по разработанным схемам на координатно-расточных и горизонтально-расточных станках от изменения режимов резания, на основе которых определены области рационального использования разработанных схем.

7. Разработанные схемы реализованы в виде расточного инструмента. Производительность обработки на операциях растачивания соосных отверстий заготовок корпусных деталей при использовании разработанного инструмента увеличилась в I,5 - 2,I раза.

8. Производственные испытания разработанных схем потвердили возможность их эффективного использования в промышленности.

Инструментальная оснастка, изготовленная по разработанным схемам внедрена на Воронежском ПО "Тяжмехпресс" с годовым ожидаемым эффектом в 7415 рублей.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

I. Григорян А.С. К вопросу о влиянии погрешностей расточных станков на точность обработки отверстий корпусных деталей / МГТУ. - М., I987. - 8 с. - Деп. во ВНИИТЭМР, № 547-мш87.

2. Григорян А.С. Анализ точности обработки основных отверстий в корпусных деталях комбинированной оправкой / МГТУ. - М., I987. - 7 с. - Деп. во ВНИИТЭМР, № 557-мш87.

3. Григорян А.С. Анализ наследования исходных погрешностей расположения основных отверстий корпусных деталей при растачивании / МГТУ. - М., I988. - 7 с. - Деп. во ВНИИТЭМР, № 212-мш88.

4. Поставец О.Ф., Григорян А.С. Технологическое обеспечение формы и расположения отверстий корпусных деталей на основе новых схем растачивания // Технологическое обеспечение качества машиностроительных изделий: Тезисы докладов Всесоюзной конференции. - М., I990. - С. 48-49.