

05.02.08
V.903

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

на правах рукописи

КУЛИЕВ МАДАР АРЫФ ОГЛЫ

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОГО МЕТОДА
РАЗМЕРНО-ТОЧНОСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОДНОСТАРТОВОЙ ОБРАБОТКИ

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

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

Работа выполнена на кафедре " Технология машиностроения " Челябинского государственного технического университета.

Научный руководитель - Заслуженный деятель науки и техники РСФСР , доктор технических наук, профессор КОРЧАК С.Н.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор МИРНОВ И.Я.

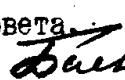
- кандидат технических наук, доцент ГОЛЫШЕВ Ю.М.

Ведущее предприятие - Челябинский автоматико-механический завод

Защита состоится " 26 " января 1993 г. в II часов в ауд. _____ на заседании специализированного совета Д053.13.05 Челябинского государственного технического университета по адресу: 454080, г.Челябинск, пр.В.И.Ленина, 76

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан " ____ " декабря 1992 года

Ученый секретарь специализированного совета
доктор экономических наук, профессор  Н.А.Баев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ. В массовом и крупносерийном производстве широкое применение нашли токарные автоматы и полуавтоматы, в частности, токарно-револьверные, многошпиндельные горизонтальные, многошпиндельные вертикальные.

Одним из главных факторов токарных автоматов, обеспечивающих резкое повышение производительности, является применение многоинструментных наладок.

Конструкция большинства автоматов позволяет организовать двухсуппортные многоинструментные наладки, когда один инструмент работает с продольного суппорта, а второй с поперечного суппорта. В последнем издании справочника "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы", М.Экономика, 1989г. предусмотрен специальный раздел по проектированию таких наладок. В результате чего обеспечивается высокая эффективность их применения.

Однако, в практике токарно-автоматных работ весьма часто применяются и односуппортные многоинструментные наладки. Например, на многорезцовых полуавтоматах устанавливается на продольном суппорте до десятка проходных резцов и такое же количество подрезных резцов на поперечном суппорте, на токарно-револьверных автоматах и полуавтоматах практикуется установка в комбинированной державке сверла и проходного или фасочного резца.

Однако, рекомендаций по определению режимов резания, для всевозможных комбинаций инструментов, работающих с одного суппорта в современной справочной литературе нет. В указанном выше справочнике в рассмотрены лишь случаи совместной работы однотипных резцов (проходных, подрезных, расточных).

Таким образом, с одной стороны, достаточно часто на токарных автоматах применяются многоинструментные односуппортные наладки, с другой стороны, отсутствуют нормативные рекомендации по режимам резания для этих наладок. Следовательно, актуальна разработка расчетного метода размерно-точностного проектирования многоинструментной односупортной обработки и создания для нее нормативных рекомендаций.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Разработка расчетного метода размерно-точностного проектирования многоинструментной односупортной обработки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Теоретические исследования проведены на базе научных основ технологий машиностроения, теории точности многоинструментной обработки, теории резания металлов, теории упругих деформаций дискретных систем.

Достоверность результатов аналитических решений и определения поворотных жесткостей узлов автомата проверена экспериментально в лабораторных и производственных условиях. Обработка экспериментальных данных проведена методами математической статистики с оценкой результатов по критериям Стьюдента и Романовского.

Численный анализ математических моделей выполнен на ЭВМ типа IBM PC.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. I. Разработана классификация многоинструментных односуппортных наладок, реализуемых на токарных автоматах и полуавтоматах.

2. На базе классификации многоинструментных односуппортных наладок для разработки модели точности разработан комплекс обобщенных расчетных схем.

3. Сформирован комплекс моделей точности многоинструментной односуппортной обработки для основных схем наладок, предусмотренных в классификации. Эти модели позволяют рассчитать какискажения формы, так и величины полей рассеивания размеров. При этом учитывается влияние не только сил резания от всех инструментов наладки, но и от их моментов.

4. Разработан комплекс моделей управления подачей для всех основных многоинструментных односуппортных наладок, предусмотренных в классификации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. I. Разработана методика определения предельной по точности подачи при многоинструментной односуппортной обработке однотипными и разнотипными инструментами на токарных автоматах и полуавтоматах.

2. Разработаны нормативные таблицы поправочных коэффициентов по точности обработки для одноинструментной и многоинструментной односуппортной обработки разнотипными и однотипными инструментами, использование которых позволяет проектировать высокопроизводительные одноинструментные и многоинструментные наладки.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ. I. Разработан руководящий технический материал для коррекции подач по структуре многоинструментной односуппортной наладки на токарных автоматах и полуавтоматах.

2. Результаты работы включены в "Общемашиностроительные руководящие материалы по проектированию наладок и нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы", разработанный по заданию Центрального бюро нормативов по труду (ЦБНТ).

Основные положения диссертационной работы используются в учебном процессе Челябинского государственного технического университета в курсе "САПР ТП" и при дипломном проектировании по специальности "Технология машиностроения".

АПРОВАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях и семинарах: Научная конференция профессорско-преподавательского состава и аспирантов АЗПИ им.Ч.Ильдрыма. Баку, 1990г.; Первая республиканская научно-практическая конференция по проблемам управления и информатики. Баку, 1991г; Научно-методический семинар "Методология САПР в машиностроении". Баку, 1992 г., а также на научно-технических конференциях Челябинского государственного технического университета 1990-1992 гг.

ПУБЛИКАЦИИ. По материалам диссертации опубликовано 5 статей.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений.

Работа изложена на 244 страницах машинописного текста, содержит 81 рисунок, 11 таблиц, список литературы из 84 наименований и приложения на 43 страницах. Общий объем работы 287 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Теоретические предпосылки

При обработке на токарных автоматах значительный вклад в суммарную погрешность обработки вносит погрешность, возникающая вследствие упругих перемещений звеньев технологической системы (по данным ЭНИМС: на чистовых операциях ее вклад достигает 25%, на первых - 90%). Величина последней целиком определяется силой резания и жесткостью звеньев технологической системы. Основы такой взаимосвязи показаны в трудах К.В.Вотинова, А.Л.Соколовского, Б.С.Балашова, В.С.Корсюкова и других ученых. Однако, существующие работы по прогнозированию точности обработки, как правило, посвящены рассмотрению одноинструментных наладок.

Принципы и методология прогнозирования точности в условиях многосуппортной обработки заложены в работах А.А.Кошина, И.А.Шамовой, Е.Ю.Ефимовых они реализованы для различных случаев двухсуппортных наладок. Указанные модели позволяют учитывать взаимовлияние инструментов двухсуппортной многоинструментной наладки и прогнозировать точность выполняемых размеров или режимы обработки, но в них нет полного учета взаимовлияния совместной работы при всех возможных комбинациях инструментов на одном суппорте (рассмотрены лишь случаи совместной работы однотипных инструментов с одного суппорта, да и то не в полном объеме). Следовательно, следующим этапом развития теории точности многоинструментной обработки является разработка расчетного метода проектирования многоинструментных односуппортных наладок. Для разработки этого метода в первую очередь, необходимо провести анализ существующих многоинструментных односуппортных наладок с привлечением элементов системного подхода, т.е. необходимо разработать классификацию многоинструментных односуппортных наладок.

В существующих моделях точности не учтено влияние моментов от сил резания. Поэтому в этих моделях не учитываются поворотные (угловые) перемещения. В многоинструментной односуппортной наладке инструменты разнесены в пространстве и угловые перемещения детали или суппорта приводят к перераспределению глубины резания, а значит, и сил резания. Поэтому необходимо доработать модели точности, исходя из баланса не только сил резания, но и баланса моментов от сил.

Поскольку в усовершенствованных математических моделях будет производиться учет моментов от сил резания, и, следовательно, будет учитываться сопротивляемость элементов технологической системы угловым перемещениям, необходимо разработать метод определения поворотных жесткостей для отдельных подсистем ("деталь - шпиндель", "инструмент-продольный суппорт", "инструмент - поперечный суппорт") технологической системы.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ МНОГОИНСТРУМЕНТНЫХ ОДНОСУППОРТНЫХ НАЛАДОК

На основе проведенного анализа многоинструментных односуппортных наладок, применяемых на ряде предприятий (по "УРАЛАЗ",

ПОЗИО, АО "УРАЛТРАК", ЧЗТТ, ЧМЗ, "УРАЛМАШ", КМЗ), разработана их классификация.

В основу классификации положен типаж режущих инструментов, применяемых на токарных автоматах, а также набор возможных схем установки.

С точки зрения схем нагружения и перемещений в классификации выделены две группы:

- **однотипные наладки:** в наладке работают инструменты одного типа (например, несколько проходных или подрезных резцов закрепленных на одном суппорте);
- **разнотипные наладки:** в наладке работают инструменты разных типов (например, проходной резец и сверло или другой осевой инструмент).

Кроме того, в предлагаемой классификации учтен характер взаимного расположения инструментов, а также направление подачи. По взаимному расположению выделены две ситуации:

- **одностороннее расположение инструментов;**
- **разностороннее расположение инструментов.**

В классификации приведены 33 вида однотипных и 72 вида разнотипных наладок, а в целом приведены 105 видов многоинструментных односуппортных наладок.

3. ОБОСНОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ МНОГОИНСТРУМЕНТНЫХ ОДНОСУППОРТНЫХ НАЛАДОК

Для разработки модели точности многоинструментных односуппортных наладок необходимо рассмотреть баланс перемещений элементов технологической системы в направлении выполняемых размеров от силового взаимодействия режущих инструментов и детали.

Для рассмотрения и математического описания перемещений рассмотрено силовое нагружение технологической системы с учетом расположения инструмента и характера воздействия сил резания и моментов от них, а также реактивное действие элементов приспособления в зависимости от схемы установки и закрепления заготовки.

Поскольку для анализа условий равновесия важна схема только расположения сил, были разработаны обобщенные расчетные схемы, которые отражают особенности наладки, играющие главную роль в перемещениях элементов технологической системы при силовом нагруже-

ним.

Многие режущие инструменты при всех их технологических отличиях друг от друга имеют одинаковую схему силового нагружения (например, сверло и зенкер создают преобладающую осевую силу и очень незначительную радиальную силу; канавочные, фасочные и широкие резцы создают в основном радиальную силу и очень незначительную осевую.)

Таким образом, разработаны обобщенные расчетные схемы, в основу которых положены:

- схема установки, поскольку она предопределяет количество и вид реакций опор и, следовательно, характер перемещений технологической системы;
- схема силового нагружения.

Для всего множества наладок сформировано 5 обобщенных расчетных схем, отражающих особенности силового нагружения и перемещений всех 105 видов наладок, приведенных в классификации.

4. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАЗМЕРНО-ТОЧНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ОДНОИНСТРУМЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ

Полагая, что технологическая система представляет собой линейную упруго-деформируемую систему, элементы которой имеют три степени свободы (линейные перемещения вдоль двух координатных осей и угловое вокруг третьей), и используя теорию упруго-деформируемых систем, по аналогии с моделями А.А. Кошина, И.А. Шамаловой, Б.Р. Ешлова получены зависимости для радиального (y) и осевого (x) перемещений в результате суммарного действия всех составляющих сил резания и моментов от них (рис. I.2).

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{P_x}{J_{\text{ппх}}} + \frac{P_x R - P_y L}{J_{\text{пов/д}}} \cdot R + \frac{P_x b - P_y a}{J_{\text{пов/и}}} \cdot b \\ y = \frac{P_y}{J_{\text{ппу}}} + \frac{P_y L - P_x R}{J_{\text{пов/д}}} \cdot L + \frac{P_y a - P_x b}{J_{\text{пов/и}}} \cdot a \end{array} \right. \quad (I)$$

где: P_x , P_y - составляющие сил резания в направлении осей ОХ и ОУ; R - текущий радиус обработки; L - расстояние от точки приложения силы инструмента до центра поворота подсистемы "деталь - шпин-

дель"; $J_{\text{ппх}}$, $J_{\text{пгу}}$ - жесткость параллельного переноса технологической системы "деталь - шпиндель - инструмент - суппорт" в направлении оси ОХ, ОУ; $J_{\text{пов/д}}$, $J_{\text{пов/и}}$ - соответственно поворотные жесткости подсистем "деталь - шпиндель", "инструмент - суппорт"; а, в - координаты поворота подсистемы "инструмент - суппорт" измеренные вдоль координатных осей ОХ, ОУ.

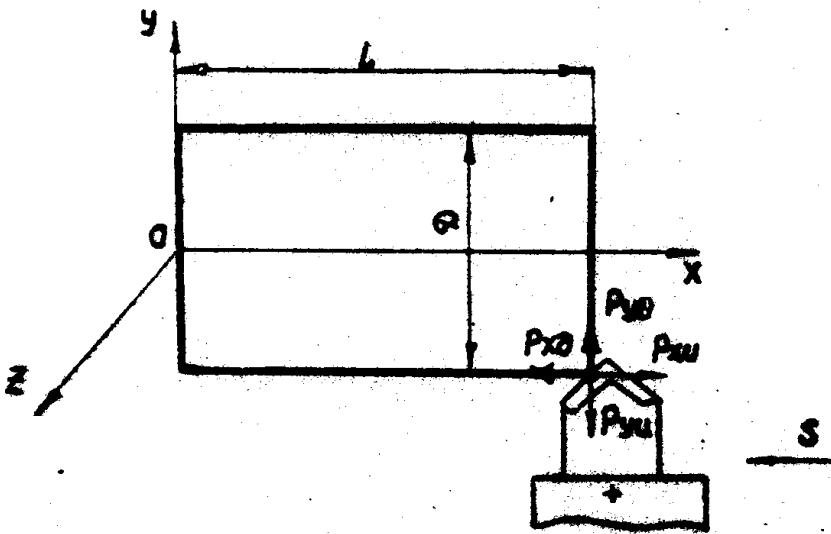


Рис. 1. Схема обработки

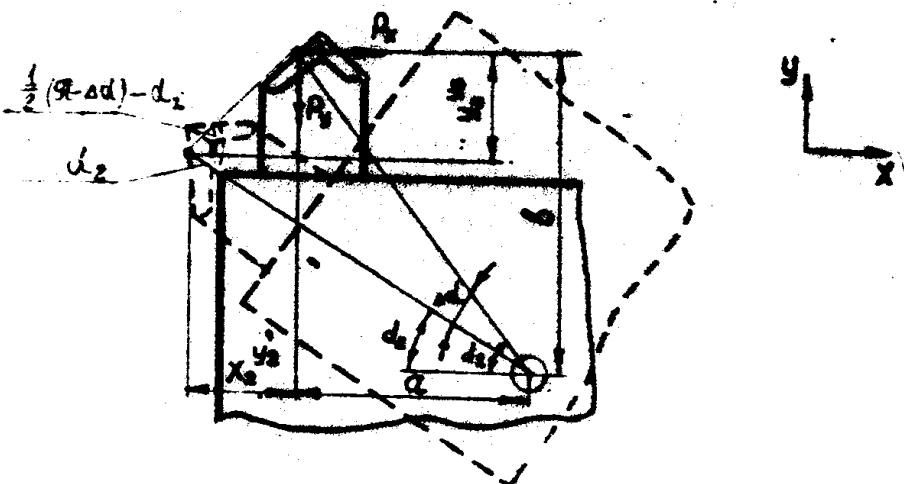


Рис. 2 Схема перемещений подсистемы "инструмент-суппорт" под действием момента от силы резания

Полученная модель позволяет рассчитать искажение размера в любой точке и оценить погрешность формы вследствие угловых перемещений.

Поскольку погрешность размера определяют как величину поля рассеивания перемещений технологической системы в направлении формируемых размеров, которое обусловлено при обработке партии заготовок на группе станков колебанием припусков (Δt), нестабильностью физико-механических свойств материала заготовки ($\Delta \sigma$), разбросом жесткостей технологической системы (ΔJ) получены выражения для величин полей рассеивания перемещений. Ниже приведена зависимость для диаметрального размера.

$$\Delta y = | K_1 \cdot [A_y S \cdot (t \cdot \cos \varphi + B_y) + C_y (\frac{t}{\tan \varphi} + D_y)] + \\ + K_2 \cdot \Delta t \left(A_y S \cdot \cos \varphi + C_y \frac{1}{\tan \varphi} \right) - K_3 \cdot [A_x S \cdot (t \cdot \sin \varphi + \\ + B_x) + C_x (t + D_x)] - K_4 \cdot \Delta t (A_x S \cdot \sin \varphi + C_x) |, \quad (2)$$

где

$$K_1 = \frac{\Delta J_{\text{пп}} + \Delta \sigma}{J_y^{\text{пп}}} + L^2 \cdot \frac{\Delta J_{\text{пов/д}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/д}}} + a^2 \cdot \frac{\Delta J_{\text{пов/и}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/и}}};$$

$$K_2 = \frac{1}{J_y^{\text{пп}}} + \frac{L^2}{J_{\text{пов/д}}} + \frac{a^2}{J_{\text{пов/и}}};$$

$$K_3 = \frac{\Delta J_{\text{пов/д}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/д}}} \cdot RL + \frac{\Delta J_{\text{пов/д}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/д}}} \cdot ab;$$

$$K_4 = \frac{RL}{J_{\text{пов/д}}} + \frac{ab}{J_{\text{пов/и}}};$$

Здесь S , t - подача и глубина; A , B , C , D - коэффициенты учитывающие влияние геометрических параметров инструмента в аналитической зависимости силы резания, полученной А.А.Кошаным и Е.Ю.Быковым по расчетной схеме С.Н.Корчака, $J_{\text{пп}}$, $J_{\text{пов/д}}$, $J_{\text{пов/и}}$ - относительные колебания жесткости технологической системы и поворотных жесткостей подсистем "деталь - шпиндель" и "инструмент - суппорт".

Полученная модель точности (2) прошла экспериментальную про-

данных не превышает 15%, что соответствует 95% уровню доверительной вероятности, принятому в машиностроении.

Разработанная модель точности, учитывая угловые перемещения элементов технологической системы, позволяет оценить влияние на точность обработки кроме режимных факторов еще и такие параметры наладки, как вылет детали, ее диаметр, вылет резца. Поэтому они могут быть приняты в качестве базовых при моделировании многоинструментной односуппортной обработки.

4.1 ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАЗМЕРНО-ТОЧНОСТНАЯ МОДЕЛЬ МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОДНОСУППОРТНОЙ ОБРАБОТКИ

Взяв за основу модель точности одноинструментной обработки, аналогичным образом получены модели точности для всех многоинструментных односуппортных наладок, предусмотренных в классификации обработки. Примеры полученных моделей приведены ниже.

ПРИМЕР I. Наладка IIЗаI - Деталь закреплена в патроне с поджатием задним центром и обрабатывается несколькими проходными резцами с продольного суппорта.

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n \left[\left[A_{y_i} S \left[(t_i \cos \varphi_i + B_{y_i}) + C_{y_i} \left(\frac{t_i}{\operatorname{tg} \varphi_i} + D_{y_i} \right) \right] \cdot m_{1i} + \right. \right. \\ \left. \left. + \Delta t_i \left(A_{y_i} S \cos \varphi_i + C_{y_i} \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_i} \right) \cdot m_{2i} - \left[A_{x_i} S \cdot (t_i \cdot \sin \varphi_i + B_{x_i}) + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + C_{x_i} (t_i + D_{x_i}) \right] \cdot m_{3i} - \Delta t_i \left(A_{x_i} S \sin \varphi_i + C_{x_i} \right) \cdot m_{4i} \right] \quad (3)$$

где:

$$m_{1i} = \frac{1}{L} \left(1 - \frac{t_i}{L} \right) \frac{\Delta J_{\text{ш}} + \Delta \sigma}{J_y^{\text{ш}}} + \left(\frac{t_i}{L} \right)^2 \frac{\Delta J_{\text{з.ц.}} + \Delta \sigma}{J_y^{\text{з.ц.}}} + \\ + \frac{t_i^2}{L^2} \frac{\Delta J_{\text{пов/д}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/д}}} + \frac{\Delta J_{\text{шшу}}^H + \Delta \sigma}{J_{\text{шшу}}^H} + a_i^2 \frac{\Delta J_{\text{пов/и}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/и}}} ; \\ m_{2i} = \frac{1}{L} \left[1 - \frac{t_i}{L} \right] \frac{t_i^2}{J_y^{\text{ш}}} + \frac{\left(\frac{t_i}{L} \right)^2}{J_y^{\text{з.ц.}}} + \frac{t_i}{J_{\text{пов/д}}} + \frac{1}{J_{\text{шшу}}} + \frac{a_i^2}{J_{\text{пов/и}}} ;$$

$$m_{3i} = \frac{\Delta J_{\text{пov/d}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пov/d}}} R_i \epsilon_i + \frac{\Delta J_{\text{пov/i}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пov/i}}} a_i b_i ;$$

$$m_{4i} = \frac{R_i \epsilon_i}{J_{\text{пov/d}}} + \frac{a_i b_i}{J_{\text{пov/i}}}$$

Здесь - вылет i -й ступени заготовки; R_i - радиус обработки i -й ступени, L - вылет детали, $J_{ш}^y$, $J_{зц}^y$ - соответственно жесткости шпинделя и заднего центра в направлении оси ОУ.

Следует отметить, что в полученной модели точности (3) учитывается влияние реакций правой опоры, т.е. заднего центра. Задний центр препятствует координатным перемещениям детали (в радиальном и осевом направлении). Однако, центр не имеет полного контакта с внутренними поверхностями детали и поэтому не может оказать сопротивление повороту детали.

ПРИМЕР 2. Наладка I4Iai - Деталь закреплена в патроне консольно и обрабатывается одновременно проходным резцом и осевым инструментом с продольной подачей.

При совместной работе осевого инструмента с резцом (рис. 3), осевой инструмент играет роль дополнительной опоры, увеличивая сопротивляемость детали перемещению, и в отличие от поджима центром, осевой инструмент за счет более полного контакта с внутренними проверхностями детали оказывает сопротивление и повороту детали. Поэтому при разработке модели точности и учтена поворотная жесткость на правой опоре.

$$\begin{aligned} \Delta y &= [A_y S (t \cos \varphi + B_y) + C_y \left(\frac{t}{t_{\text{гpo}}} + D_y \right)] m_1 + \\ &+ \Delta t \left\{ A_y S \cos \varphi + \frac{C_y}{t_{\text{гpo}}} \right\} m_2 - [A_x S (t \sin \varphi + B_x) + \\ &+ C_x (t + D_x)] m_3 - \Delta t (A_x S \sin \varphi + C_x) m_4 . \end{aligned} \quad (4)$$

где:

$$m_1 = \left(\frac{L - \epsilon}{L} \right)^2 \frac{\Delta J_{\text{cb}} + \Delta \sigma}{J_{\text{cb}}} + \left(\frac{\epsilon}{L} \right)^2 \frac{\Delta J_{\text{ш}} + \Delta \sigma}{J_{\text{ш}}} + \frac{\Delta J_{\text{зц}} + \Delta \sigma}{J_{\text{зц}}} +$$

$$+ (L - \epsilon)^2 \frac{\Delta J_{\text{пов/д}} + \Delta J_{\text{пов/св}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/д}} + J_{\text{пов/св}}} + b_1^2 \frac{J_{\text{пов/и}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/и}}} ;$$

$$m_2 = \frac{(L - \epsilon)^2}{L^2 J_{\text{св}}} + \frac{\epsilon^2}{L^2 J_{\text{ш}}} + \frac{1}{J_{\text{шпу}}} + \frac{(L - \epsilon)^2}{J_{\text{пов/д}} + J_{\text{пов/св}}} + \frac{b_1^2}{J_{\text{пов/и}}} ;$$

$$m_3 = R(L - \epsilon) \frac{\Delta J_{\text{пов/д}} + \Delta J_{\text{пов/св}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/д}} + J_{\text{пов/св}}} - a_1 b_1 \frac{J_{\text{пов/и}} + \Delta \sigma}{J_{\text{пов/и}}} ;$$

$$m_4 = \frac{R(L - \epsilon)}{J_{\text{пов/д}} + J_{\text{пов/св}}} - \frac{a_1 b_1}{J_{\text{пов/и}}} .$$

Здесь $J_{\text{св}}$ - жесткость сверла ($J_{\text{св}} = \frac{0.15 d_{\text{св}}^4 E}{l_{\text{св}}^3 K_c}$); $d_{\text{св}}$ - диаметр сверла; E - модуль Юнга; l - длина режущей части сверла; $J_{\text{пов/св}}$ - поворотная жесткость сверла; l - расстояние от точки приложения составляющей силы P_y до торца заготовки; L - вылет заготовки, $J_{\text{ш}}$ - жесткость шпинделя; K_c - коэффициент формы сечения.

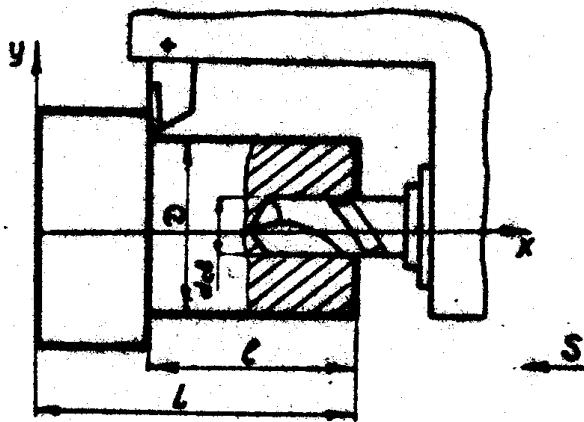


Рис. 3 Схема наладки

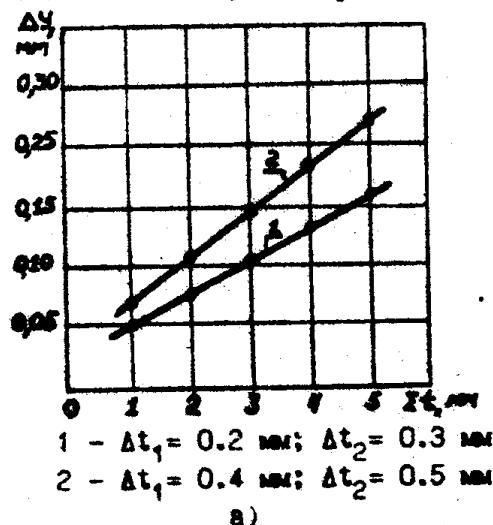
Полученные модели (3), (4) позволяют расчитать погрешности каждого выполняемого размера от действия сил и моментов инстру-

ментов многоинструментной односуппортной наладки.

4.2 АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ И ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОДНОСУППОРТНОЙ ОБРАБОТКИ

Для проверки адекватности полученных зависимостей для всех наладок, предусмотренных в классификации, проведено сопоставление расчетных и экспериментальных значений точности выполняемых размеров. Расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 15%, что соответствует 95% уровню доверительной вероятности, принятому в машиностроении.

Полученная модель (3) позволяет учесть влияние суммарной глубины резания, вылета и диаметра обработки каждой ступени заготовки на величину поля рассеивания каждого выполняемого размера. На рис.4 показано влияние суммарной глубины резания (Σt) и подачи (S) на величину поля рассеивания (Δu).



а)

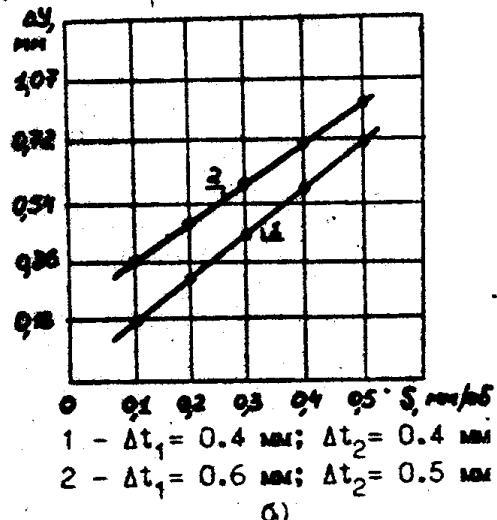
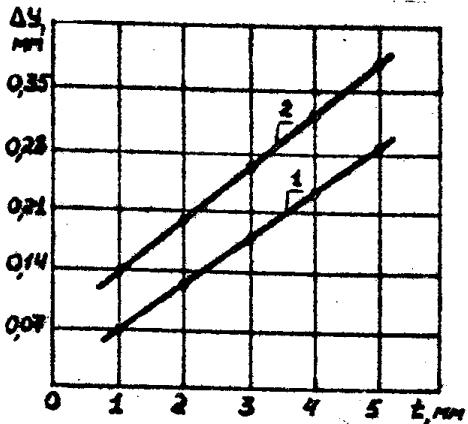


Рис. 4 Влияние различных параметров на величину поля рассеивания.

Из рис. 4а видно, что с возрастанием глубины резания от 1мм до 5мм погрешность возрастает от 0,05мм до 0,30мм..

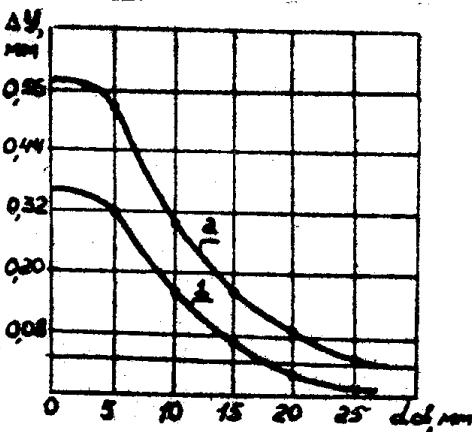
Полученная модель (4) позволяет учесть влияние глубины резания (t), вылета заготовки (L), радиуса обработки (R) и диаметра сверла (d_{op}) на величину поля рассеивания выполняемого размера. С помощью ЭВМ рассчитана степень влияния различных параметров на

величину поля рассеивания. На рис. 5 показано влияние t , S , d_{OB} на Δy .



- 1- $\Delta t=0.2\text{мм}; d_{OB}=25\text{мм}; D=55\text{мм}$
2- $\Delta t=0.4\text{мм}; d_{OB}=20\text{мм}; D=55\text{мм}$

a)



- 1- $t=1\text{мм}; \Delta t=0.2\text{мм}; D=55\text{мм}$
2- $t=2.5\text{мм}; \Delta t=0.4\text{мм}; D=55\text{мм}$

b)

Рис. 5 Влияние различных параметров на величину поля рассеивания.

Из рис. 5а видно, что изменение глубины резания от 1мм до 5мм увеличивает погрешность в 3.5 раза. На рис.5б показана величина погрешности при совместной работе проходного резца со сверлом и без сверла. Как видно, при изменении диаметра сверла от 5мм до 25мм, точность обработки увеличивается в 15 раз.

Кроме того, для проверки адекватности моделей точности многоинструментной односуппортной обработки был проведен статистический анализ точности размеров при обработке на ТМГА в производственных условиях.

5. РАСЧЕТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОДНОСУППОРТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ТА И ПОЛУАВТОМАТАХ

Для решения задачи проектирования автоматных операций модели точности трансформированы в модели управления. Из анализа параметров управления, реализуемых в условиях обработки на токарных автоматах, выбрана единая подача суппорта.

Из зависимостей полей рассеивания получены модели управления единой подачей для диаметрального размера. Например, для наладки

III6I получена следующая модель управления подачей:

$$S = \frac{\Delta y - \sum_{i=1}^n \left[C_{y_i} \left(\frac{t_i}{\operatorname{tg}\varphi_i} + D_{y_i} \right) \cdot K_{1i} + C_{y_i} \frac{\Delta t_i}{\operatorname{tg}\varphi_i} K_{2i} - \right.}{\sum_{i=1}^n \left[A_{y_i} S (t_i \cos\varphi_i + B_{y_i}) \cdot K_{1i} + \Delta t_i A_{y_i} \cos\varphi_i K_{2i} - \right.} \dots \\ \dots - C_{x_i} (t_i + D_{x_i}) \cdot 1 \cdot K_{3i} - C_{x_i} \Delta t_i K_{4i}] \\ - A_{x_i} (t_i \sin\varphi_i + B_{x_i}) \cdot K_{3i} - \Delta t_i A_{x_i} \sin\varphi_i K_{4i}] \quad (5)$$

На рис. 6 показано расчетное влияние вылета детали и глубины резания на подачу при одностороннем (1) и разностороннем (2) расположении инструментов.

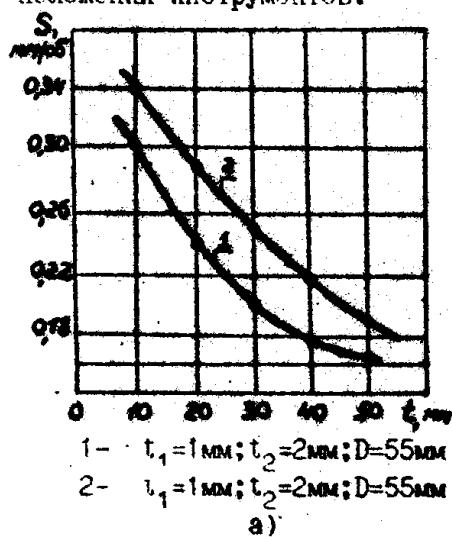
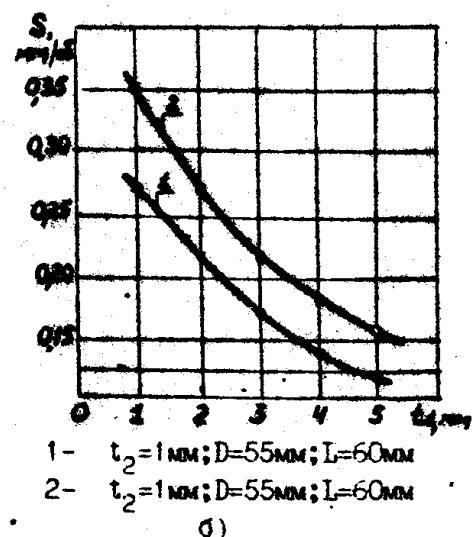


Рис. 6 Влияние параметров наладки на подачу

Как видно из рис. 6 при изменении глубины резания от 1мм до 5мм, подача должна быть уменьшена с 0,35 мм/об до 0,15 мм/об при разностороннем размещении инструментов. А при одностороннем размещении уменьшение подачи составит от 0,26мм/об до 0,05мм/об. Сравнивая эти результаты, можно прийти к выводу: для повышения производительности обработки нужно выбрать наладку с разносторонним размещением инструментов.

Для наладки I4IaI получена следующая модель управления подачей:

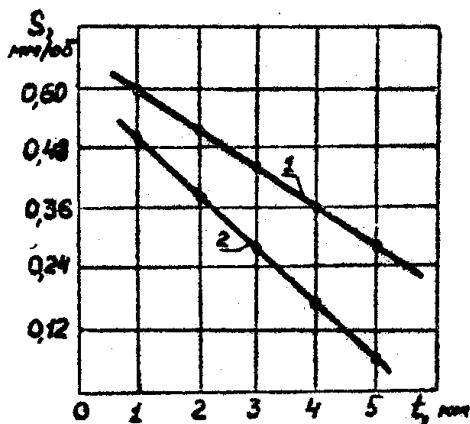


$$S = \frac{\Delta y - C_y \left(\frac{t}{\operatorname{tg}\varphi} + D_y \right) m_1 - C_y \frac{\Delta t}{\operatorname{tg}\varphi} m_2 -}{A_y S (t \cos\varphi + B_y) m_1 + \Delta t A_y \cos\varphi m_2 - \dots} \dots$$

$$\dots - C_x (t + D_x) m_3 + C_x \Delta t m_4 \dots$$

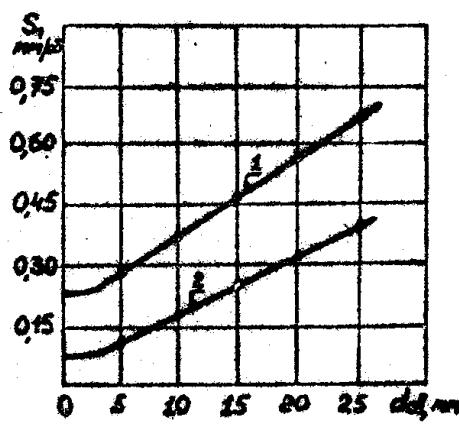
$$\dots - A_x (t \sin\varphi + B_x) m_3 - \Delta t A_x \sin\varphi m_4$$
(6)

На рис. 7а показано влияние глубины резания и диаметра сверла (d_{cb}) на предельную по точности подачу.



- 1- $d_{cb} = 25\text{мм}; D = 55\text{мм}; L = 60\text{мм}$
 2- $d_{cb} = 15\text{мм}; D = 55\text{мм}; L = 90\text{мм}$

а)



- 1- $t = 2\text{мм}; D = 55\text{мм}; L = 90\text{мм}$
 2- $t = 5\text{мм}; D = 55\text{мм}; L = 90\text{мм}$

б)

Рис. 7. Влияние различных параметров на подачу

Как видно из графика, изменения диаметра сверла от 5мм до 25мм дает возможность при одной и той же точности повысить подачу от 0,28 мм/об до 0,64 мм/об.

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лабораторные эксперименты и производственные испытания показали справедливость разработанных математических моделей, что делает возможным определение расчетным путем для заданной схемы обработки подач, допустимых по точности обработки.

На основе полученных моделей управления подачей разработан новый раздел для определения подачи в условиях многоинструментной

односуппортной обработки однотипными и разнотипными инструментами.

В соответствии с нормативной методологией сохранена двухэтапная методика определения подачи:

1. Табличное определение подачи - определяется для базовых значений квалитета детали ($IT_d = I2$) и заготовки ($IT_g = I2$).

2. Поправочные коэффициенты для фактического сочетания квалитетов заготовки и детали.

Разработаны нормативные карты для поправочных коэффициентов по точности обработки при многоинструментной односуппортной обработке однотипными и разнотипными инструментами. Фрагменты этих карт представлены в табл. 1, 2.

По квалитету заготовки, квалитету детали, глубине резания и диаметру сверла определяется общий поправочный коэффициент на подачу при совместной работе проходного резца со сверлом (табл.1).

По суммарному квалитету заготовки, квалитету детали и суммарной глубине резания определяется поправочный коэффициент на подачу при обработке прокодными резцами, закрепленными на одном суппорте (табл.2).

Эффективность предлагаемой методики показана в табл. 3.

Расчеты показали, что применение этой методики при многоинструментной односуппортной обработке однотипными инструментами позволяет повысить надежность проектирования на 25%, при обработке разнотипными инструментами позволяет повысить производительность на 47%.

Разработан РПМ для коррекции подач по структуре многоинструментной односуппортной обработки на токарных автоматах и полуавтоматах, внедренный на АО "УРАЛПРАК".

На базе модели управления подачей разработаны алгоритмы и компьютерная программа расчета предельных по точности подач при автоматизированном проектировании многоинструментных односуппортных наладок.

Таблица 1

Фрагмент из нормативной таблицы для поправочных коэффициентов по точности обработки

Коррекция подачи по структуре наладки			Карта				
Резец проходной - сверло			Лист				
Квалитет детали	Квалитет заготовки	Глубина резания, мм	Диаметр сверления, мм				
			4	6	10	16	20
			Поправочный коэф. на подачу				
12	13	1	0,75	0,79	0,86	1,06	1,24
		2	0,81	0,85	0,92	1,13	1,32
		3	0,84	0,86	0,95	1,17	1,27
		4	0,85	0,89	0,97	1,20	1,39
		5	0,86	0,90	0,98	1,21	1,42
		6	0,87	0,91	1,00	1,22	1,44

Таблица 2

Фрагмент из нормативной таблицы для поправочных коэффициентов по точности обработки

Коррекция подачи по структуре наладки			Карта I					Лист 2		
Резец проходной		Два резца					Лист 2			
Квалитет детали	Суммарная глубина резания, мм, до	Суммарный квалитет заготовки								
		20	21	22	23	24	26	27	28	
		Поправочный коэффициент на подачу								
12	2	0.96	0.91	0.85	0.77	0.69	0.59	0.53	0.47	
		0.97	0.93	0.88	0.81	0.75	0.66	0.60	0.54	
		0.97	0.94	0.90	0.85	0.79	0.70	0.65	0.60	
		0.98	0.95	0.92	0.87	0.82	0.74	0.69	0.64	
		0.98	0.96	0.92	0.88	0.84	0.77	0.75	0.68	
		0.98	0.97	0.94	0.91	0.87	0.81	0.77	0.73	
		0.98	0.97	0.95	0.92	0.89	0.84	0.81	0.77	
		0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.86	0.83	0.79	

Сопоставление расчетов

Таблица 3

Квалитет детали	Квалитет заг-ки	Глубина резания мм	Диаметр сверла, мм	Подача		Сокращен. основного времени, %
				пред. метод	сущ. метод	
I2	I3	2	16	0.45	0.22	51

ВЫВОДЫ

В работе дано новое решение актуальной задачи, состоящей в разработке расчетного метода размерно-точностного проектирования многоинструментной односуппортной обработки на токарных автоматах и полуавтоматах с целью повышения производительности и точности обработки.

1. Разработана классификация многоинструментных односуппортных наладок, реализуемых на токарных автоматах и полуавтоматах. Она охватывает 105 типовых наладок.

2. Сформирован комплекс обобщенных расчетных схем, которые отражают особенности наладки, играющих главную роль в перемещениях элементов технологической системы в силовом нагружении.

3. Разработаны пространственные модели точности многоинструментной односуппортной обработки, позволяющие рассчитать погрешность формы и точность каждого выполняемого размера от действия сил и моментов инструментов многоинструментной односуппортной наладки.

4. Разработан комплекс моделей управления подачей для многоинструментных односуппортных наладок с однотипными и разнотипными инструментами.

5. Разработан FTМ для коррекции подач по структуре многоинструментной односуппортной наладки на токарных автоматах и полуавтоматах, который передан для использования в АО "УРАЛПРАК" с годовым экономическим эффектом 121913 руб.

6. Разработан комплекс нормативных таблиц, включенных в "Общемашинстроительные руководящие материалы по проектированию наладок и нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы", позволяющие определить поправочные коэффициенты по точ-

ности обработки при многоинструментной односуппортной обработке однотипными и разнотипными инструментами. Использование этих коэффициентов при обработке однотипными инструментами позволяет повысить надежность проектирования на 25%, а при обработке разнотипными инструментами повысить производительность на 47%.

7. Разработана методика экспериментальной оценки поворотных жесткостей каждой из подсистем ("деталь - шпиндель", "инструмент-продольный суппорт", "инструмент - поперечный суппорт") технологической системы для токарных автоматов и полуавтоматов.

По теме диссертации опубликованы работы:

1. Кумиев М.А. Модель динамической погрешности при одноинструментной токарной обработке // Депонированные научные работы; Библиогр. указатель ВНИТИ.- 1992.- №5.- С.51.

2. Кумиев М.А. Методика экспериментального определения поворотной жесткости токарных автоматов // Депонированные научные работы; библиогр. указатель ВНИТИ.- 1992.- №.8.- С.58.

3. Кумиев М.А., Ефимов Е.Р. Влияние числа инструментов на подачу в условиях обеспечения заданной точности при обработке на токарных автоматах // Депонированные научные работы ; библиогр. указатель ВНИТИ.- 1992.- №.- С.58.

4. Кумиев М.А. Модель деформаций при односупортной многоинструментной токарной обработке // Депонированные научные работы; библиогр. указатель ВНИТИ.- 1992.- 75МП92.

5. Кумиев М.А. Модель точности при односупортной многоинструментной обработке // Депонированные научные работы; библиогр. указатель ВНИТИ.- 1992.- 76МП92.