

3.
E 912
V.
Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

ЕЖИМОВ ЕВГЕНИЙ ЮРЬЕВИЧ

УДК 621.941.23

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ
ТОКАРНО-АВТОМАТНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДВУХСУПОРТНЫХ
МНОГОИНСТРУМЕНТНЫХ НАЛАДОК

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

Челябинск

1987

Работа выполнена на кафедре "Технология машиностроения"
Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
КОРЧАК С.Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
ГОРНЕВ В.Ф.,
кандидат технических наук
ГЕЛЬФОНД М.Л.

Ведущее предприятие - машиностроительный завод г.Касли

Защита состоится " 23 " декабря 1987 г. в 15-00 часов
на заседании специализированного совета К 053.13.01 Челябинского
политехнического института имени Ленинского комсомола.

Адрес института: 454044, г.Челябинск, пр.им. В.И.Ленина, 76,
ауд.226.

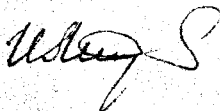
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас принять участие в обсуждении работы и направить
свои отзывы, заверенные гербовой печатью организации, по выше-
указанному адресу на имя ученого секретаря совета.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1987 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

д.т.н., профессор



И.А.Мирнов

Актуальность. Токарные автоматы (ТА) - одна из традиционных групп автоматизированного оборудования, имеющая широкое применение для изготовления большой и разнообразной номенклатуры в массовом, крупносерийном, а часто и среднесерийном производствах всех отраслей машиностроения. Высокая эффективность применения ТА достигается при максимальном использовании их технологических возможностей - применении параллельной и параллельно-последовательной обработки, концентрации операций и переходов. Однако, обследование предприятий ряда отраслей показало, что имеются серьезные недостатки в эксплуатации ТА:

1. Мал уровень концентрации переходов: в 80% наладок на многошпиндельных ТА (МТА) количество инструментов на позиции равно одному, в то время как здесь возможна двухсуппортная многоинструментная обработка; в целом же в наладке на шестшпиндельном ТА в 72% случаев участвует не более шести инструментов. Аналогичное положение в использовании токарно-револьверных автоматов (ТРА).

2. Недоиспользуются точностные возможности ТА: их применение ограничивается для выполнения размеров по I2, редко II качеству при гарантированном паспортом 9 и даже 8 качестве.

3. Уровень режимов резания значительно ниже, чем допускается требованиями по стойкости режущего инструмента, причем режимы резания при обработке однотипных деталей на различных заводах колеблются в 1,5-2 раза.

Такое положение связано с отсутствием нормативных рекомендаций по назначению режимов резания во взаимосвязи с требованиями по точности формируемых размеров, многовариантностью и большой трудоемкостью проектирования автоматной обработки.

В промышленности эксплуатируется свыше десяти САПР автоматных операций. Однако, практическая надежность результатов недостаточна в связи с отсутствием в САПР доминирующего в условиях обработки на ТА ограничения по точности размеров.

Цель работы. Повышение производительности и точности токарно-автоматных операций путем разработки методики расчетного определения подач на основе моделирования упругих откатов звеньев технологической системы для двухсуппортных многоинструментных наладок.

Основные задачи. I. Разработка математической модели для ве-

личины упругих отжатий в направлении выполняемых размеров при двухсуппортной многоинструментной токарной обработке.

2. Разработка математической модели формирования погрешности размеров, которая включает: 2.1. Разработку теоретических зависимостей для расчета составляющих силы резания.

2.2. Разработку математической модели для величины интервала поля рассеивания упругого отжатия в направлении выполняемых размеров.

2.3. Разработку методики экспериментального определения характеристик жесткости узлов ТА.

3. Построение модели управления режимами резания в условиях двухсуппортных многоинструментных наладок при обеспечении требования по точности размеров.

4. Разработка методики расчетного определения подач при обеспечении требований по точности размеров и реализация методики в нормативах режимов резания и САПР автоматных операций.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения, теории резания металлов, теории упруго-пластических деформаций в сплошных средах, теории упругих деформаций дискретных систем.

Достоверность результатов аналитических решений проверяла в экспериментально в лабораторных и производственных условиях. Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики с оценкой результатов по критерию Стьюдента и критерию Романовского.

Вычисления и математическое моделирование выполнялись на ЭВМ.

Научная новизна. Погрешность, возникающая вследствие упругих отжатий звеньев технологической системы и их неустойчивости, в направлении каждого формируемого размера в условиях двухсуппортной многоинструментной обработки определяется номиналом и колебанием сил резания от всех инструментов выкладки, причем доля влияния конкретного инструмента существенно зависит от угла разворота суппортов.

2. Используя принцип баланса работ активных и реактивных сил, получены аналитические зависимости для всех составляющих сил при несвободном резании в условиях токарно-автоматной обработки, учитывающие контактные процессы на задней поверхности инструмента.

3. На основе математического моделирования силового взаимо-

действия элементов технологической системы при двухсуппортной многоинструментной обработке разработаны зависимости для прогнозирования величины упругого отжатия и интервала его рассеивания в направлении каждого формируемого размера.

4. Получена модель управления подачами и глубинами резания, а также углом разворота инструментов разных суппортов в зависимости от структуры наладки и требуемой точности каждого формируемого размера.

Практическая ценность. 1. Разработана методика расчетного определения подач при обеспечении требований по точности формируемых размеров в условиях двухсуппортных многоинструментных наладок на ТА.

2. Для нормативов режимов резания на МТА и ТРА получены:

а) таблицы корректировки подач в зависимости от структуры двухсуппортной многоинструментной наладки при заданной точности размеров;

б) таблицы рекомендуемых углов разворота инструментов продольного и поперечного суппортов (обеспечивающие минимальное взаимовлияние).

Названные таблицы позволяют за счет учета при назначении подач взаимовлияния инструментов одной наладки увеличить производительность обработки на ТА (в среднем на 15%, а в ряде случаев до 40%).

3. Для САПР операций на МТА (ИПП "ТОПАЗ") разработан алгоритм расчетного определения подач при обеспечении требований по точности формируемых размеров, позволяющий вести направленный поиск наилучшей структуры многоинструментной наладки.

Реализация работы. Материалы исследования вошли: 1. В "Общемашиностроительные нормативы режимов резания, износа и расхода инструментов для горизонтальных токарных прутковых автоматов" (1983 г.), разработанные по заданию ГСПКБ "Оргприминструмент" Минстанкопрома СССР. В них впервые при назначении подач учитывается структура многоинструментной наладки, требования по точности формируемых размеров, погрешность заготовки, жесткость звеньев технологической системы. Экономический эффект от внедрения нормативов на одном из предприятий составил 7,65 тыс. рублей; в целом, экономический эффект по данным ГСПКБ составит 300 тыс. рублей.

2. В "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы" (1987 г.), разработанные по

заданию Центрального бюро нормативов по труду (ЦБНТ) Госкомтруда СССР в соответствии с планом межотраслевых нормативно-исследовательских работ по труду (тема 05-39). Нормативы прошли промышленную апробацию на 85 предприятиях 19 министерств; по данным ЦБНТ доля ЧИИ в экономическом эффекте составит 2194 тыс. рублей.

Результаты исследования составили основу проектирующих блоков пакета прикладных программы операций, выполняемых на многошпиндельных токарных автоматах (ППП "ТОПАЗ"). Пакет прошел промышленную апробацию, зарегистрирован в Специализированном отделении ОФАП САПР-Т и АСУТИ (1986 г.), передан более 10 предприятиям и научно-исследовательским институтам нескольких министерств и включен в интегрированную САПР.

Основные положения диссертационной работы используются в учебном процессе Челябинского политехнического института по курсу "САПР ТП" и при выполнении дипломных проектов по специальности 0501 "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструмент".

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на научно-технических конференциях и семинарах: "Автоматизация технологического проектирования в системе повышения эффективности производства" (г. Владивосток, 1982 г.); "Пути повышения производительности труда и качества обработки деталей на машиностроительных предприятиях Урала" (г. Свердловск, 1984 г.); "Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках" (г. Челябинск, 1984 г.); "Автоматизация проектирования автоматных операций" (г. Челябинск, 1984 г.); "Механизация и автоматизация ручных и трудоемких операций в промышленности Кузбасса" (г. Кемерово, 1984 г.); "Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства промышленности" (г. Курган, 1986 г.); "Автоматизированное проектирование токарных автоматных операций" (г. Челябинск, 1987 г.), а также на научно-технических конференциях Челябинского политехнического института 1981-1986 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ, получено свидетельство ОФАП САПР-Т и АСУТИ на программное средство.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 150 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков, 4 таблицы, список литературы из 122 наименований и приложений на 53 страницах. Общий объем работы - 281 страница.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

При обработке на ТА значительный вклад в суммарную погрешность вносит погрешность, возникающая вследствие упругих отжати звеньев технологической системы (по данным ЭНИМС: на чистовых операциях до 25%, на черновых - 90%). Величина последней целиком предопределяется силой резания и жесткостью звеньев технологической системы. Основы такой взаимосвязи показаны в трудах К.В.Вотинова, А.П.Соколовского, Б.С.Балакина, В.С.Корсакова и других ученых. Однако, существующие работы по прогнозированию точности обработки, как правило, посвящены рассмотрению одноинструментных наладок.

Из опыта промышленности известно, что при обработке на ТА точность выполняемых размеров в значительной степени зависит от структуры (вид и количество инструментов на каждом суппорте) многоинструментной наладки, причем изменение условий обработки на одном переходе приводит к изменению погрешности всех формируемых на операции размеров.

Принципы и методология прогнозирования точности в условиях многосупортной обработки заложены в работах А.А.Копина. В работе И.А.Шаламовой они реализованы для случая двухсупортных наладок с апроксимативным расположением инструментов продольного и поперечного супортов. Однако, на МТА и ТРА более часто применимы наладки с углом разворота инструментов неравным 180° (неразвернутые наладки).

Известные модели точности токарной обработки реализованы на эмпирических зависимостях для сил резания, а потому при широком диапазоне варьирования технологических переменных (характерно для условий обработки на ТА) их использование затруднено и часто приводит к значительным ошибкам.

В работах С.Я.Корчака сформулированы принципы разработки аналитических моделей сил резания, основанные на анализе объемного напряженного состояния пластического упрочняемого металла в зоне резания с учетом гидростатического давления в области, прилегающей к зоне сдвига, и контактных явлений на задней поверхности инструмента.

Для повышения производительности и точности токарно-автоматных операций на стадии проектирования необходимо создание полной

и достаточно надежной модели точности размеров, формируемых в условиях двухсуппортных многоинструментных наладок, основанной на аналитической модели погрешности вследствие упругих отжати́й звеньев технологической системы, которая, в свою очередь, должна быть построена на широкодиапазонных силовых зависимостях.

2. МОДЕЛЬ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ, ФОРМИРУЕМЫХ ПРИ ДВУХСУПОРТНОЙ МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОБРАБОТКЕ

Аналитический расчет составляющих силы резания при токарной автоматной обработке. Положив, что течение металла на каждом элементе режущей кромки инструмента происходит в нормальной ей плоскости и используя зависимости, полученные для плоской схемы С.Н. Корчаком (на основе закона механики о равенстве в статике активных и реактивных сил (сил резания и сил сопротивления обрабатываемого металла) и основных законов теории пластичности), в результате суммирования составляющих на передней и задней поверхностях инструмента по длине режущей кромки, получены зависимости для всех составляющих силы резания, например, для составляющей

$$P_y = G_i \frac{\sin \beta}{\sin \beta_1} S \left[t \cos \varphi + \frac{r}{2} ((1 - \cos \varphi)^2 - \sin^2 \varphi_1) \right] + \\ + \frac{\sqrt{3\pi}}{12} G_i \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \beta_1)} L_3 \left[\frac{t}{\tan \varphi} + r (\sin(\varphi + \varphi_1) - \frac{1 - \cos \varphi}{\tan \varphi}) \right], \quad (1)$$

где S — подача; t — глубина резания; G_i — интенсивность напряжений в деформируемом объеме металла, характеризующая сопротивление металла пластической деформации; β_1 — угол сдвига; β — угол действия; r — радиус при вершине инструмента; φ и φ_1 — главный и вспомогательный углы в плане у реза; L_3 — длина фаски износа.

Для проверки адекватности полученных зависимостей было проведено сопоставление расчетных и экспериментальных значений сил резания (в том числе с данными других авторов). Анализ показал достаточную их сходимость (в большинстве случаев расхождения не превышают 10%).

Полученные аналитические зависимости делают возможным расчетное прогнозирование составляющих силы резания на этапе проектирования токарных операций в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала, геометрии и величины затупления режущего инструмента и режимов резания во всем диапазоне варьирования названных переменных.

Расчет упругих отжатий в направлении выполняемых размеров.

Для вывода зависимостей по расчету упругих отжатий использована в качестве расчетной схемы двухсуппортная (неразвернутая – угол разворота инструментов разных суппортов $\theta \neq 180$) многоинструментная наладка, когда обработка ведется несколькими инструментами с продольного и поперечного суппортов, причем каждый инструмент формирует два размера – линейный и диаметральный. Такая схема является обобщением наладок реализуемых на ТА. Любой реальный вариант наладки может быть получен из нее путем исключения тех или иных режущих инструментов.

Полагая, что технологическая система представляет собой линейную упруго-деформируемую систему, элементы которой имеют две степени свободы (перемещения в направлении диаметральных и линейных размеров, формируемых в наладке) и учитывая, что звенья технологической системы испытывают воздействие силовых факторов от всех инструментов наладки, векторным суммированием частных упругих перемещений получены зависимости для расчета отжатия в направлении каждого формируемого в наладке размера, например, для диаметральных размеров, формируемых с продольного суппорта (Y_1) –

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & \frac{1}{J_{0y}} \sum_{i=1}^{k_1} [A_{1i} S_1 [t_{1i} \cos \varphi_{1i} + B_{1i}] + C_{1i} [\frac{t_{1i}}{tg \varphi_{1i}} + D_{1i}]] + \\
 & + \frac{1}{J_{0y}} \sum_{i=1}^{k_2} [A_{12} S_2 [t_{12} \cos \varphi_{12} + B_{12}] + C_{12} [\frac{t_{12}}{tg \varphi_{12}} + D_{12}]] \cos \theta - \\
 & - \frac{1}{J_{0y}} \sum_{i=1}^{k_2} [A_{22} S_2 [t_{22} + B_{22}] + \mu_{12} C_{12} [\frac{t_{12}}{\sin \varphi_{12}} + D_{22}]] \sin \theta, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где t_{ij} – глубина резания для ij -го инструмента (j – номер суппорта: $j = 1$ – продольный, $j = 2$ – поперечный; i – номер инструмента на j -ом суппорте); S_1 и S_2 – подачи продольного и поперечного суппортов, J_{0y} , J_{0x} – характеристики жесткости; θ – угол разворота инструментов продольного и поперечного суппортов; для составляющих сил резания согласно (I) использованы структурные зависимости:

$$P_y = A_y S [t \cos \varphi + B_y] + C [t / tg \varphi + D_y], \quad P_z = A_z S [t + B_z] + \mu C [t / \sin \varphi + D_z].$$

Зависимости (2) отражают тот факт, что величина упругого отжатия определяется условиями обработки на каждом инструменте,

причем доля влияния последнего зависит от угла разворота.

Зависимости (2) являются базой для разработки модели точности и модели управления в условиях двухсупортных многоинструментных наладок, а также позволяют на стадии проектирования расчетным путем определить величину коррекции настроечных размеров.

Модель формирования погрешности, возникающей вследствие неустойчивости упругих отжати́й звеньев технологической системы.
Погрешность определяется как величина интервала рассеивания упругих отжати́й в направлении формируемых размеров (например, $\Delta Y_f = Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}$) и обусловлена при обработке партии заготовок на группе станков колебанием снимаемых припусков (Δt_{ij}), неустойчивостью физико-механических свойств материала заготовок ($\Delta \sigma$), разбросом жесткостей звеньев (ΔJ). С учетом (2) получены зависимости для погрешности в направлении каждого формируемого в наладке размера, например, для диаметральных размеров, формируемых с продольного суппорта (ΔY_f) -

$$\begin{aligned} \Delta Y_f = & \left[\frac{1}{J_{01y}} \sum_{i=1}^{i_2} \Delta t_{i1} (A_{1i1} S_1 \cos \varphi_{i1} + C_{i1} \frac{1}{\text{tg} \varphi_{i1}}) + \frac{1}{J_{01y}} \sum_{i=1}^{i_2} \Delta t_{i2} ((A_{1i2} S_2 \cos \varphi_{i2} + \right. \\ & \left. + C_{i2} \frac{1}{\text{tg} \varphi_{i2}}) \cos \theta - (A_{2i2} S_2 + \mu_{i2} C_{i2} \frac{1}{\sin \varphi_{i2}}) \sin \theta \right] + \\ & + \left| \frac{\Delta J + \Delta \sigma}{J_{01y}} \sum_{i=1}^{i_2} (A_{1i1} S_1 (t_{i1} + B_{1i1}) + C_{i1} (\frac{t}{\text{tg} \varphi_{i1}} + D_{1i1})) + \right. \\ & + \frac{\Delta J + \Delta \sigma}{J_{01y}} \sum_{i=1}^{i_2} (A_{1i2} S_2 (t_{i2} \cos \varphi_{i2} + B_{1i2}) + C_{i2} (\frac{t}{\text{tg} \varphi_{i2}} + D_{1i2})) \cos \theta - \\ & \left. - \frac{\Delta J + \Delta \sigma}{J_{01y}} \sum_{i=1}^{i_2} (A_{2i2} S_2 (t_{i2} + B_{2i2}) + \mu_{i2} C_{i2} (\frac{t}{\sin \varphi_{i2}} + D_{2i2})) \sin \theta \right], \quad (3) \end{aligned}$$

В уравнениях (3) первое слагаемое описывает влияние на погрешность колебаний снимаемых припусков, второе - совокупное влияние сил резания от инструментов обоих суппортов с учетом неустойчивости физико-механических свойств материала заготовок и разброса жесткостей звеньев технологической системы. На рис. I показано влияние θ , S_1 , S_2 на ΔY_f .

Используя известные зависимости для остальных составляющих суммарной погрешности обработки, в работе сформирована модель точности размеров, формируемых при двухсупортной многоинструментной обработке на ТЛ.

II

Влияние некоторых параметров на погрешность размеров

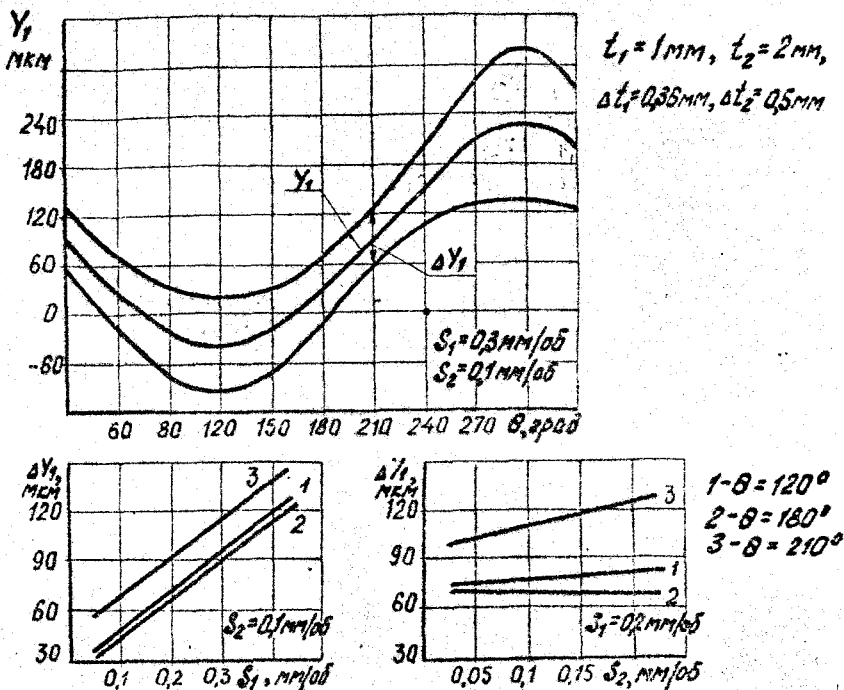


Рис. I

Для проверки адекватности модели точности реальному процессу был проведен статистический анализ точности размеров при обработке на МТА в производственных условиях.

Расхождение расчетных и экспериментальных данных при обследовании 25 наименований деталей не превышало 15%, что соответствует 95% уровню доверительной вероятности, принятой в машиностроении.

Полученная модель точности размеров позволяет на стадии проектирования при разработке нескольких вариантов наладки определить для каждого из них суммарную погрешность в направлении выполняемых размеров, а в результате, выбрать наилучший.

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
 ДВУХСУПОРТНОЙ МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ
 ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРЕБОВАНИЯ ПО ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ

Для решения задачи проектирования автоматной операции модель точности трансформирована в модель управления. Из анализа параметров управления (ПУ), реализуемых в условиях обработки на токарных автоматах, выбраны подачи суппортов (S_1, S_2) и угол разворота инструментов (θ). Последний предопределен все более широким использованием державок, обеспечивающих различные углы разворота инструмента относительно суппорта.

Для принятого набора ПУ область их изменения является трехмерной. Однако, учитывая разную природу ПУ, область их значений представлена в виде набора областей допустимых подач (часть плоскости) при различных фиксированных углах разворота.

Область допустимых подач (ОДП) имеет вид многоугольника, наиболее часто встречаемые формы которого приведены на рис.2.

Для построения ОДП получены зависимости координат вершин от условий обработки, например, для построения ограничения на подачи по точности диаметральных размеров, формируемых с продольного суппорта (C_1^y, C_2^y) -

$$C_1^y = \frac{k\delta_{y1} \cdot J_{01} y}{\alpha_1^y + \alpha_2^y T_{12}^y}; \quad C_2^y = - \frac{k\delta_{y1} \cdot J_{01} y}{\alpha_1^y \frac{1}{T_{12}^y} + \alpha_2^y} \quad (4)$$

где δ_{y1} - допуск на диаметральный размер;

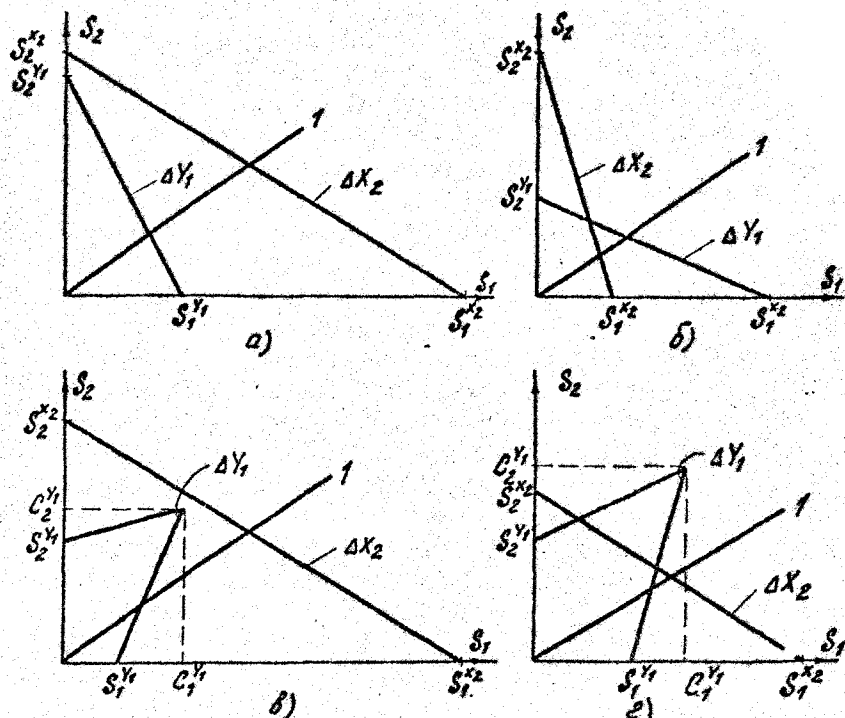
$$\alpha_1^y = f\left(\sum_{i=1}^{k_1} \Delta t_{i1}\right); \quad \alpha_2^y = f\left(\theta, \sum_{i=1}^{k_2} \Delta t_{i2}\right); \quad T_{12}^y = f\left(\sum_{i=1}^{k_1} t_{i1} / \sum_{i=1}^{k_2} t_{i2}\right)$$

(координаты S_1^y, S_2^y - должны быть найдены из условия независимой работы инструментов разных суппортов.

Из рис.2 видно, что в ряде случаев в условиях двухсупортных многоинструментных наладок возможно увеличение подач суппортов по сравнению с односупортными при тех же требованиях по точности. Установлено, что форма и размеры ОДП определяются не только параметрами, связанными с конфигурацией детали, требуемой точностью обработки, и погрешностью заготовки (в частности $\delta_{ij}, \Delta t_{ij}/(\Delta J + \Delta \theta) t_{ij}$), но и углом θ (например, формы на рис.2, а и б).

Для определения углов разворота инструментов, допускающих увеличение подач суппортов при прочих равных условиях получены

Типовые формы области допустимых задач



ΔX_2 - ограничение по точности линейных размеров, формируемых с поперечного суппорта; **1** - линия равных времен рабочих ходов инструментов продольного и поперечного суппортов.

Рис.2

зависимости, например, для случаев, когда лимитирующей является точность диаметральных размеров, формируемых с продольного суппорта (θ_M^{Y1}) -

$$\theta_M^{Y1} = \alpha z \cos \alpha \frac{L_{px1}}{L_{px2}} \frac{\frac{1}{J_{01Y}} \sum_{i=1}^{i_1} A_{Y1i} (t_{i1} \cos \varphi_{i1} + B_{Y1i})}{\frac{1}{J_{0Y}} \sqrt{\sum_{i=1}^{i_2} A_{Y12} (t_{i2} \cos \varphi_{i2} + B_{Y12})^2 + \left(\sum_{i=1}^{i_2} A_{Z12} (t_{i2} + B_{Z12})\right)^2}} + \alpha z \operatorname{ctg} \frac{\sum_{i=1}^{i_2} A_{Y12} (t_{i2} \cos \varphi_{i2} + B_{Y12})}{\sum_{i=1}^{i_2} A_{Z12} (t_{i2} + B_{Z12})} \quad (5)$$

где L_{px_1} , L_{px_2} — длины рабочих ходов инструментов продольного и поперечного суппортов.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В работе дано новое решение актуальной задачи, состоящей в разработке методики расчетного определения подач суппортов и угла разворота инструментов в условиях двухсупортных многоинструментных наладок на токарных автоматах с целью обеспечения требований по точности при наибольшей производительности.

В работе получены следующие основные выводы:

1. Установлена количественная взаимосвязь между структурой наладки (вид и количество инструментов на каждом суппорте), углом разворота инструментов, подачами, и глубинами резания, и точностью диаметральных и линейных размеров, формируемых в наладке. Значительное влияние на точность оказывает угол разворота инструментов: варьирование углом приводит к изменению погрешности в 2 и более раз.

2. Получены аналитические выражения, описывающие закономерность изменения сил резания в зависимости от подачи и глубины резания, физико-механических свойств обрабатываемого материала, геометрии и величины затупления режущего инструмента практически во всем диапазоне переменных при токарно-автоматной обработке.

3. Разработаны модель точности и модель управления, которые позволяют расчетным путем найти для конкретной структуры наладки величины рационального угла разворота инструментов и подачи суппортов, обеспечивающих наивысшую производительность обработки при выполнении требований по точности, что является базой для структурной оптимизации двухсупортных многоинструментных наладок.

4. Разработанная модель упругих откликов позволяет в зависимости от структуры наладки, угла разворота инструментов и режимов резания рассчитать величину коррекции настроечных размеров.

5. Разработана методика экспериментальной оценки жесткостей в направлении диаметральных и линейных размеров каждой из подсистем ("шпиндель-заготовка", "инструмент-продольный суппорт",

"инструмент-поперечный суппорт") технологической системы для токарных станков, реализующих двухсуппортную многоинструментную обработку.

6. На основе полученных моделей разработана инженерная методика расчетного определения подач и 9 таблиц, включенных в Общемашиностроительные нормативы на токарно-автоматные работы (задание ГСНКТБ "Оргприминструмент" Минстанкопрома СССР, 1983 г. и задание ЦНТ Госкомтруда СССР, 1987 г.). Модели и методика составили основу проектирующих блоков ЦНИ "ТОПАЗ" (проектирование операций на многошпиндельных токарных автоматах).

По теме диссертации опубликовано 14 работ, основными из которых являются: И. Корчак С.Н., Кошин А.А., Шаламова И.А., Ефимов Е.Ю. Оптимизация структуры многоинструментной двухсуппортной наладки при проектировании автоматной операции // Автоматизация технологического проектирования в системе повышения эффективности производства: Тез. докл. - Владивосток, 1982. - С.42-43.

2. Кушнина В.А., Ефимов Е.Ю., Кошин А.А. Влияние податливости элементов технологической системы на точность фасонной и многоинструментной обработки // Пути повышения производительности труда и качества обработки деталей на машиностроительных предприятиях Урала: Тез. докл. - Свердловск, 1984. - С.64.

3. Ефимов Е.Ю., Кошин А.А., Шаламова И.А. Методика назначения подач в условиях автоматной двухсуппортной обработки // Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках: Тез. докл. - Челябинск, 1984. - С.33-35.

4. Ефимов Е.Ю. Влияние угла разворота суппортов на производительность двухсуппортных автоматных операций // Автоматизация проектирования автоматных операций: Тез. докл. - Челябинск, 1984. - С.22-24.

5. Ефимов Е.Ю. Учет требований по точности выполняемых размеров в автоматизированных системах проектирования автоматных операций // Механизация и автоматизация ручных и трудоемких операций в промышленности Кузбасса: Тез. докл. - Кемерово, 1984. - С.19.

6. Ефимов Е.Ю., Кошин А.А., Шаламова И.А. К вопросу автоматизации проектирования многоинструментных токарных операций // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки: Сб. науч. тр. - Челябинск: ЧПИ, 1984. - С.89-98.

7. Кошин А.А., Ефимов Е.Ю. Теоретическое определение составляющих сил резания при токарной автоматной обработке // Автоматизированное проектирование токарных автоматных операций: Тез. докл. - Челябинск, 1987. - С.40-45.