

05.02.08
С 148

На правах рукописи

Сazonova Наталья Стальевна

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ
ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНЫХ МНОГОШПИНДЕЛЬНЫХ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОЛУАВТОМАТАХ
ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Челябинск 1996

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

Научный руководитель – заслуженный деятель науки и техники
РФ, доктор технических наук, профессор Корчак С.Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Пономарев В.П.;
кандидат технических наук
Гельфонд М.Л.

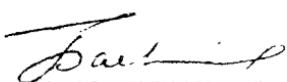
Ведущее предприятие – Челябинский тракторный завод.

Защита состоится 2 июля 1996 г., в 11 часов,
в ауд. _____ на заседании специализированного совета Д053.13.05
Челябинского государственного технического университета по ад-
ресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинско-
го государственного технического университета.

Автореферат разослан "_____" 1996 года.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор экономических наук,
профессор

 И.А.Басов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ. В современном массовом и крупносерийном производстве широкое применение для изготовления большой и разнообразной номенклатуры деталей нашли токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы (ТМВПА). Высокая эффективность применения ТМВПА достигается при максимальном использовании их технологических возможностей – концентрации переходов, применении многоинструментных наладок, многостаночном обслуживании. Однако, обследование предприятий ряда отраслей показало, что имеются серьезные недостатки в эксплуатации ТМВПА:

1. Недоиспользуются точностные возможности ТМВПА: наиболее распространена обработка по 14 квалитету точности при гарантированном паспортом 9 и даже 8 квалитете.

2. Мал уровень концентрации переходов, чаще всего он ограничивается 15-20 инструментами в наладке, хотя встречаются наладки в 28 инструментов, а по данным Г.И. Темчина их количество может достигать 70.

3. Наблюдается большая неравномерность загрузки отдельных рабочих позиций полуавтомата. Когда инструменты на большинстве позиций уже закончили обработку, на одной или двух позициях обработка еще продолжается, и производительность операции определяют эти лимитирующие переходы.

Такой невысокий уровень использования богатых технологических возможностей ТМВПА обусловлен практическим отсутствием информативных рекомендаций по назначению режимов резания во взаимосвязи с требованиями по точности формируемых размеров, многовариантностью и большой трудоемкостью проектирования обработки на ТМВПА.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Повышение производительности и точности обработки на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах путем управления технологическими параметрами

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

Достоверность результатов проверена экспериментально в производственных условиях.

Численный анализ математических моделей выполнен на ЭВМ.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. 1. На основе математического моделирования силового взаимодействия элементов технологической системы разработана зависимость для расчета величины упругого отжатия и интервала его рассеяния в направлении диаметрального размера

при обработке конусов, моделирование точности которых дает возможность рассчитывать точности цилиндров при угле конуса, равном 0° , и торцев при угле конуса, равном 90° , то есть практически для всех возможных форм тел вращения.

2. Разработана модель управления режимами резания для обеспечения требований по точности размеров при обработке конической поверхности на ТМВПА;

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. 1. Разработана методика двухпараметрической коррекции режимов резания при обработке на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах

2. Разработана методика расчета и построения циклограммы работы участка токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматов на заданный диапазон смен, позволяющая определять норму многостаночного обслуживания при различных способах замены инструментов.

3. Разработаны нормативные таблицы по определению подач для различных схем обработки конической поверхности с универсального суппорта, учитывающие исходную погрешность заготовки, требуемую точность обработки и угол конуса.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ. 1. Руководящий технический материал по назначению режимов резания при обработке конической поверхности с универсального суппорта на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах принят для использования на ЧТЗ.

2. Результаты работы включены в "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы. Часть II. Токарные многошпиндельные горизонтальные патронные полуавтоматы, токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы, токарно-револьверные полуавтоматы, автоматы продольного точения (Среднесерийное, крупносерийное и массовое производство)", разработанные по заданию Центрального бюро нормативов по труду. Нормативы находятся в печати.

3. Разработаны и приняты к эксплуатации в УГТ ЧТЗ программные модули, предназначенные:

- для расчета режимов резания при обработке конических поверхностей с универсального суппорта на ТМВПА;

- для расчета и построения циклограмм работы участка токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматов в течение ряда смен.

Названные программные модули используются в учебном процессе в ЧГТУ при выполнении дипломных проектов по специальности 1201 "Технология машиностроения".

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях Челябинского государственного технического университета 1991-1996 гг.

ПУБЛИКАЦИИ. По материалам диссертации опубликовано 5 печатных работ.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Применение многосуппортных многонинструментных наладок обеспечивает высокую концентрацию переходов и в итоге многократное повышение производительности обработки на ТМВПА по сравнению с универсальными станками.

Анализ отечественных и зарубежных вертикальных полуавтоматов показал, что количество их довольно велико (25 моделей) и выявил их большие потенциальные технологические возможности, как в вопросах концентрации переходов (до 70), так и в вопросах обеспечения точности выполнения размеров (до 8 квалитета).

Под методическим руководством Центрального бюро нормативов по труду нами проведено обследование машиностроительных заводов для выявления реального уровня использования технологических возможностей многошпиндельных вертикальных полуавтоматов.

Обследование проведено на шестнадцати заводах автомобильной и тракторной отраслей (на Уральском автомобильном заводе, Горьковском автомобильном заводе, Челябинском тракторном заводе и др.).

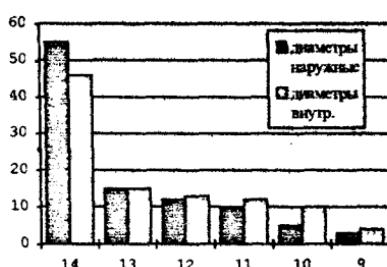


Рис. I. Использование точностных возможностей ТМВПА

Одной из первых задач обследования был анализ использования точностных возможностей ТМВПА. Диаграмма (рис. I) демонстрирует, что наиболее распространена обработка по 14 квалитету точности. Обработка с точностью IT13 и точнее встречается намного реже. Так для наружных диаметров обработка по 9 квалитету имеет частоту лишь 2%, для внутренних диаметров - 4%. Таким образом, проведен-

ный анализ показал, что вертикальные полуавтоматы используются в основном для предварительной обработки с точностью размеров IT14, хотя точность до IT9 - вполне достижима.

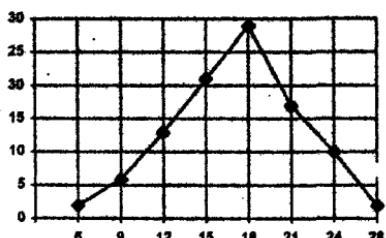


Рис. 2. Относительная частота появления различного количества инструментов в наладке при обработке на ТМВПА

рассмотренных наладках наблюдается несогласованность по времени работы инструментов на позициях: имеется один - два лимитирующих перехода, которые определяют производительность операции.

Таким образом, проведенный анализ использования технологических возможностей ТМВПА показал, что используются они не более, чем на треть. Уровень точности достигает в среднем 13 квалитета, концентрация переходов ~ 18 инструментов в наладке. Вследствие этого в машиностроении традиционно после токарно-автоматной операции планируются доделочные операции.

Эффективность технологической операции во многом предопределяется теорией, методиками и нормативной базой проектирования.

Для проектирования обработки на ТМВПА имеется специализированный нормативный справочник - "Нормативы по режимам резания при многоинструментной обработке (токарные полуавтоматы)", изданный в 1955 г.

Методика расчета наладки в этом справочнике ориентирована, в основном, на расчет стойкости (25 карт), мощности резания и допустимых нагрузок на элементы станка (24 карты). Всего 1 карта подач охватывает лишь 7 видов технологических переходов и учитывает лишь один поправочный коэффициент - на твердость обрабатываемого материала.

К достоинствам рассматриваемого справочника следует отнести то, что в нем имеется попытка учета требований по точности выполняемого размера. При назначении подач учтывается допуск на размер. Однако, при разных диаметрах один и тот же допуск соответ-

ствует различным концентрациям переходов.

Гистограмма (рис.2) показывает, что чаще всего наладка в целом содержит 15-20 инструментов, хотя встречаются наладки, содержащие до 28 инструментов, т.е. практика подтверждает возможность высокой концентрации переходов.

Обследование также выявило неравномерность загрузки рабочих позиций полуавтомата. Как оказалось, почти во всех рассмотренных наладках имеется один - два лимитирующих перехода.

ствует разным квалитетам и, следовательно, разным уровням точности, и на точность выполняемого размера, как показано А.П.Соколовским, оказывает влияние также исходная погрешность заготовки, чего нет в рассматриваемом справочнике.

Однако, указанные факты подчеркивают необходимость учета точности обработки при назначении режимов резания.

Прототипом и образцом для нового справочника могут служить общемашиностроительные нормативы на токарные многошпиндельные горизонтальные автоматы 1989 г. выпуска, разработанные на кафедре технологии машиностроения ЧГТУ. В этих нормативах учтены точность выполняемых размеров, погрешность заготовки, структура многоинструментной наладки.

Вопросами определения и анализа точности обработки занимались многие исследователи: К.В.Вотинов, Б.С.Балакшин, А.П.Соколовский и др. В.С.Корсаковым выведены зависимости для определения искажения размера при одноинструментной токарной обработке. Модели полей рассеяния для многоинструментных наладок рассмотрены в работах А.А.Кошина. Однако, все эти работы касаются обработки цилиндров и торцев на прутковых автоматах.

На ТМВПА, кроме этих работ, есть совершенно специфические - обработка конусов с универсального суппорта. Схема формирования погрешностей в этом случае не имеет аналога ни в одном другом виде токарно-автоматного оборудования. Кроме того, по сравнению с прутковыми заготовками (прокатом), исследованными в упомянутых работах, на ТМВПА применяются более грубые штампованные и литье заготовки разных классов точности.

Таким образом, современное состояние нормативных рекомендаций на токарно-автоматные работы создает практическую предпосылку, а теория размерно-точностного проектирования обработки, разрабатываемая на кафедре технологии машиностроения ЧГТУ - создает теоретические предпосылки данной работы.

Цель работы: повышение производительности и точности обработки на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах путем управления технологическими параметрами.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

- разработка математической модели точности обработки конической поверхности с универсального суппорта на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах;

- разработка модели управления режимами резания, обеспечивающими заданную точность размеров, при обработке конической поверхности на ТМВПА;

- разработка методики двухпараметрической коррекций режимов резания при обработке на ТМВПА;

- разработка методики и алгоритма построения циклограммы работы участка токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматов при многостаночном обслуживании для определения нормы обслуживания при разном порядке замены инструментов;

- разработка программных модулей по расчету режимов резания и организации работы участка ТМВПА для САПР токарно-автоматических операций.

МОДЕЛЬ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА ТМВПА

Обработка на ТМВПА сопряжена с большими силовыми нагрузками, и поэтому доля погрешности обработки, обусловленная деформациями технологической системы, здесь весьма существенна. Следовательно, в основу модели погрешности обработки должен быть положен расчет упругих перемещений основных подсистем технологической системы и их влияние на погрешность выполняемого размера. По аналогии с известными моделями выделены две подсистемы: "шпиндель - деталь" и "суппорт - инструмент".

При обработке конической поверхности универсальный суппорт поворачивается на угол конуса. В итоге система координат суппорта с привязанными к ней жесткостями оказывается повернутой относительно системы координат детали на этот же угол. Вследствие этого на величину искажения, например, диаметрального размера, оказывает влияние не одна составляющая силы резания P_y , как при обработке цилиндра, а обе составляющие, и P_x , и P_y . Таким образом, имеем новую схему формирования погрешности, которая требует специального моделирования. При этом модель обработки конуса является универсальной, так как при угле конуса $\xi = 0^\circ$ она трансформируется в известную модель для цилиндра, а при $\xi = 90^\circ$ - в модель для торца.

В табл. 1 показаны основные схемы обработки конусов с универсального суппорта, а также баланс сил для каждого случая и уравнения координатных перемещений основных подсистем технологической системы.

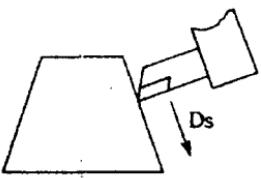
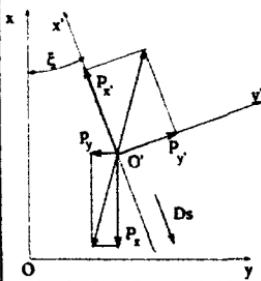
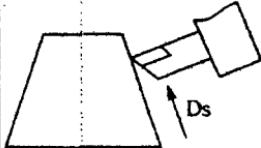
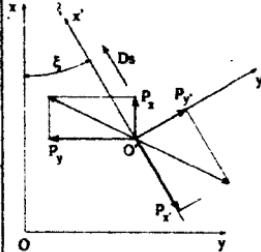
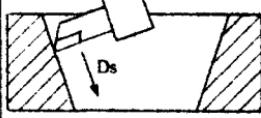
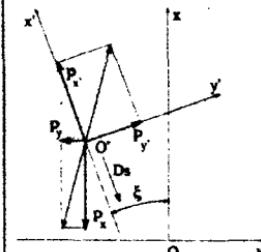
В таблице приняты следующие обозначения:

δ_y^p и δ_x^p - перемещения подсистемы "суппорт - инструмент" в направлении осей $O'Y'$ и $O'X'$;

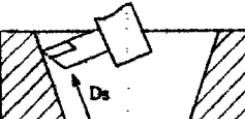
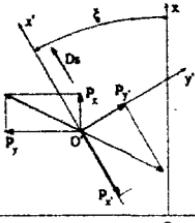
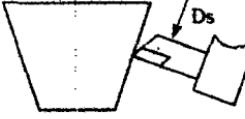
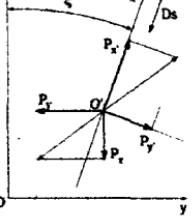
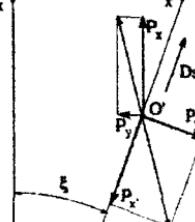
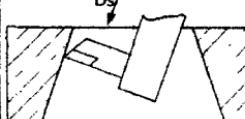
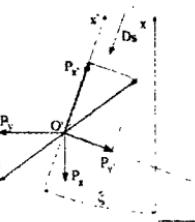
δ_y^d и δ_x^d - перемещения подсистемы "шпиндель - деталь" в направлении осей OY и OX .

Таблица I

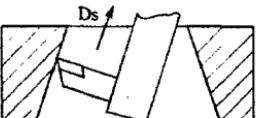
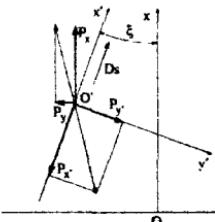
Схемы обработки и математические модели силового взаимодействия для обработки конических поверхностей с контурной подачей

№	Схема обработки	Баланс сил	Координатные перемещения основных подсистем
1	2	3	4
1			$\delta_{y'}^P = \frac{P_y}{j_y^P}$ $\delta_{x'}^P = \frac{P_{x'}}{j_{x'}^P}$ $\delta_y^A = \frac{P_y \cos \xi - P_x \sin \xi}{j_y^A}$ $\delta_x^A = \frac{P_x \cos \xi + P_y \sin \xi}{j_x^A}$
2			$\delta_{y'}^P = \frac{P_y}{j_y^P}$ $\delta_{x'}^P = -\frac{P_{x'}}{j_{x'}^P}$ $\delta_y^A = \frac{P_y \cos \xi + P_x \sin \xi}{j_y^A}$ $\delta_x^A = \frac{P_x \cos \xi - P_y \sin \xi}{j_x^A}$
3			$\delta_{y'}^P = \frac{P_y}{j_y^P}$ $\delta_{x'}^P = \frac{P_{x'}}{j_{x'}^P}$ $\delta_y^A = \frac{P_y \cos \xi - P_x \sin \xi}{j_y^A}$ $\delta_x^A = \frac{P_x \cos \xi + P_y \sin \xi}{j_x^A}$

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
4			$\delta_{y'}^p = \frac{P_y}{j_y^p}$ $\delta_{x'}^p = -\frac{P_x}{j_x^p}$ $\delta_y^d = \frac{P_y \cdot \cos \xi + P_x \cdot \sin \xi}{j_y^d}$ $\delta_x^d = \frac{P_x \cdot \cos \xi - P_y \cdot \sin \xi}{j_y^d}$
5			$\delta_{y'}^p = \frac{P_y}{j_y^p}$ $\delta_{x'}^p = \frac{P_x}{j_x^p}$ $\delta_y^d = \frac{P_y \cdot \cos \xi + P_x \cdot \sin \xi}{j_y^d}$ $\delta_x^d = \frac{P_x \cdot \cos \xi - P_y \cdot \sin \xi}{j_y^d}$
6			$\delta_{y'}^p = \frac{P_y}{j_y^p}$ $\delta_{x'}^p = -\frac{P_x}{j_x^p}$ $\delta_y^d = \frac{P_y \cdot \cos \xi - P_x \cdot \sin \xi}{j_y^d}$ $\delta_x^d = \frac{P_x \cdot \cos \xi + P_y \cdot \sin \xi}{j_y^d}$
7			$\delta_{y'}^p = \frac{P_y}{j_y^p}$ $\delta_{x'}^p = \frac{P_x}{j_x^p}$ $\delta_y^d = \frac{P_y \cdot \cos \xi + P_x \cdot \sin \xi}{j_y^d}$ $\delta_x^d = \frac{P_x \cdot \cos \xi - P_y \cdot \sin \xi}{j_y^d}$

Окончание табл. 1

1	2	3	4
8			$\delta_{y'}^P = \frac{P_y}{j_y^P}$ $\delta_{x'}^P = -\frac{P_x}{j_x^P}$ $\delta_y^A = \frac{P_y \cos \xi - P_x \sin \xi}{j_y^A}$ $\delta_x^A = \frac{P_x \cos \xi + P_y \sin \xi}{j_x^A}$

Анализ схем показывает, что все они имеют одну природу и различаются лишь величинами и знаками углов и движений подачи. Поэтому можно рассмотреть механизм формирования погрешности для первой схемы.

Для построения модели искажения размеров рассмотрен баланс упругих перемещений элементов технологической системы (см. рис. 3).

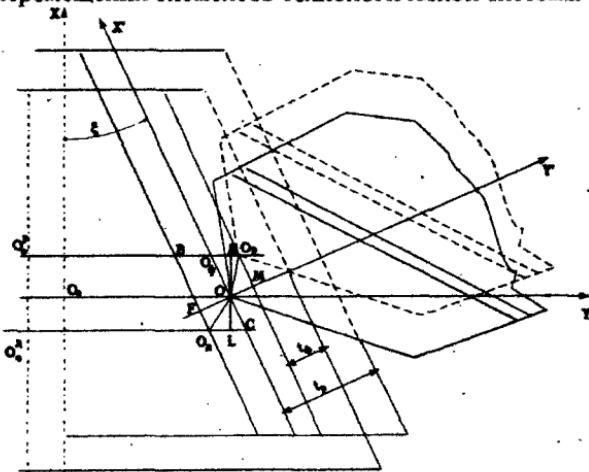


Рис. 3. Баланс упругих перемещений при обработке конуса с контурной подачей

Из геометрических соотношений для величины искажения диаметрального размера получено следующее выражение:

$$\delta_R = \delta_y^A + \delta_x^A \operatorname{tg} \xi + \frac{\delta_{y'}^P}{\cos \xi}.$$

Это выражение определяет структуру погрешности диаметрального размера, влияние на нее элементарных координатных перемеще-

ний подсистем и является базой для создания математической модели погрешности обработки.

Основной задачей создания математической модели искажения размеров является установление взаимосвязи между величиной искажения размеров, режимами резания и другими параметрами обработки.

Рассматривая баланс сил для выбранной схемы нагружения, подставляя в систему выражения для составляющих сил резания, фактическую глубину резания и решая получившуюся систему уравнений, получаем модель искажения диаметрального размера:

$$\delta_R = \frac{C_{Py} t^{x_{Py}} S^{y_{Py}} V^{z_{Py}}}{J_y \cdot \cos \xi} - \frac{C_{Px} t^{x_{Px}} S^{y_{Px}} V^{z_{Px}} \sin \xi}{J_x},$$

$$\text{где } \frac{1}{J_y} = \frac{\cos^2 \xi}{j_y^d} + \frac{\sin^2 \xi}{j_x^d} + \frac{1}{j_y^p}; \quad \frac{1}{J_x} = \frac{1}{j_y^d} - \frac{1}{j_x^d}.$$

Характеристики J_y , J_x представляют собой модифицированные жесткости технологической системы для случая обработки конуса с контурной подачей.

В соответствии с положениями технологии машиностроения погрешность выполнения размера характеризуется рассеянием размеров в партии деталей. По Б.С.Балакшину динамическая составляющая погрешности обработки определяется как интервал рассеяния упругих перемещений технологической системы в направлении выполняемого размера:

$$\Delta_R = \max \delta_R - \min \delta_R.$$

По аналогии с моделями А.А.Кошина в качестве основных факторов, формирующих разброс упругих перемещений, приняты: нестабильность механических свойств обрабатываемого материала (наличие допуска на твердость материала в партии заготовок), разброс жесткостей технологической системы (наличие допуска на податливость узлов станка, изнашивание станка) и колебание снимаемых припусков (наличие допуска на размеры заготовок).

Для формирования модели поля рассеяния достаточно найти выражения для максимального и минимального значений искажения размера. Однако, величина δ_R может быть как положительной, так и отрицательной. На рис. 4 показаны три возможных варианта расположения поля рассеяния диаметрального размера.

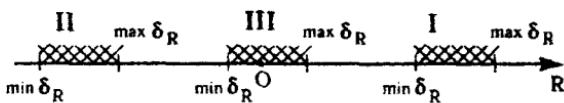


Рис.4. Возможные варианты расположения поля рассеяния диаметрального размера.

Рассматривая отдельно каждый из этих вариантов, условия их применения и проводя преобразования, получаем окончательное выражение для поля рассеяния диаметрального размера при обработке конуса с универсального суппорта.

$$\Delta_R = (\varepsilon + v) \cdot \left| \frac{C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} V^{z_{py}}}{J_y \cdot \cos \xi} - \frac{C_{px} t^{x_{px}} S^{y_{px}} V^{z_{px}} \sin \xi}{J_x} \right| + \\ + \Delta t \cdot \left| \frac{C_{py} t^{x_{py}-1} S^{y_{py}} V^{z_{py}}}{J_y \cdot \cos \xi} \cdot x_{py} - \frac{C_{px} t^{x_{px}-1} S^{y_{px}} V^{z_{px}} \sin \xi}{J_x} \cdot x_{px} \right|$$

при выполнении условия

$$\left| \frac{C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} V^{z_{py}}}{J_y \cdot \cos \xi} - \frac{C_{px} t^{x_{px}} S^{y_{px}} V^{z_{px}} \sin \xi}{J_x} \right| \geq \\ \geq \frac{\Delta t}{2} \cdot \left| \frac{C_{py} t^{x_{py}-1} S^{y_{py}} V^{z_{py}}}{J_y \cdot \cos \xi} \cdot x_{py} - \frac{C_{px} t^{x_{px}-1} S^{y_{px}} V^{z_{px}} \sin \xi}{J_x} \cdot x_{px} \right|$$

и в остальных случаях ~

$$\Delta_R = \left(1 + \frac{\varepsilon + v}{2} \right) \cdot \left| \frac{C_{py} t^{x_{py}-1} S^{y_{py}} V^{z_{py}}}{J_y \cdot \cos \xi} \cdot x_{py} - \frac{C_{px} t^{x_{px}-1} S^{y_{px}} V^{z_{px}} \sin \xi}{J_x} \cdot x_{px} \right| \cdot \Delta t.$$

Следует отметить, что полученная формула носит обобщающий характер, при $\xi = 0^\circ$ из нее получается известная формула для обработки цилиндрической поверхности.

Полученная модель точности размеров позволяет на стадии проектирования определить величину погрешности обработки при задан-

ных режимах. Однако, на практике более актуальна обратная задача: назначить максимально допустимые режимы обработки, и, следовательно, обеспечить наивысшую производительность при заданной точности размеров.

Для получения годных деталей необходимо, чтобы спроектированная наладка обеспечивала выполнение условия:

$$\Delta_{R_{3 \text{ ad}}} \geq (\varepsilon + v) \cdot \left| \frac{C_{Py} t^{x_{Py}} S^{y_{Py}} V^{z_{Py}}}{J_y \cdot \cos \xi} - \frac{C_{Px} t^{x_{Px}} S^{y_{Px}} V^{z_{Px}} \sin \xi}{J_x} \right| + \\ + \Delta t \cdot \left| \frac{C_{Py} t^{x_{Py}-1} S^{y_{Py}} V^{z_{Py}}}{J_y \cdot \cos \xi} \cdot x_{Py} - \frac{C_{Px} t^{x_{Px}-1} S^{y_{Px}} V^{z_{Px}} \sin \xi}{J_x} \cdot x_{Px} \right|$$

при выполнении условия:

$$\left| \frac{C_{Py} t^{x_{Py}} S^{y_{Py}} V^{z_{Py}}}{J_y \cdot \cos \xi} - \frac{C_{Px} t^{x_{Px}} S^{y_{Px}} V^{z_{Px}} \sin \xi}{J_x} \right| \geq \\ \geq \frac{\Delta t}{2} \cdot \left| \frac{C_{Py} t^{x_{Py}-1} S^{y_{Py}} V^{z_{Py}}}{J_y \cdot \cos \xi} \cdot x_{Py} - \frac{C_{Px} t^{x_{Px}-1} S^{y_{Px}} V^{z_{Px}} \sin \xi}{J_x} \cdot x_{Px} \right|$$

и в остальных случаях:

$$\Delta_{R_{3 \text{ ad}}} \geq \left(1 + \frac{\varepsilon + v}{2}\right) \cdot \left| \frac{C_{Py} t^{x_{Py}-1} S^{y_{Py}} V^{z_{Py}}}{J_y \cdot \cos \xi} \cdot x_{Py} - \frac{C_{Px} t^{x_{Px}-1} S^{y_{Px}} V^{z_{Px}} \sin \xi}{J_x} \cdot x_{Px} \right| \cdot \Delta t$$

Полученное неравенство представляет собой модель управления технологическими параметрами обработки конуса. Это неравенство дает ограничение на подачу по точности обработки.

Для нахождения подачи при заданных остальных параметрах обработки необходимо разрешить относительно S . Однако, правая часть неравенства представляет собой трансцендентное выражение относительно переменной S , которое не допускает аналитического решения. Поэтому для практического использования модели управления разработано алгоритмическое ее представление, в котором использован алгоритм нахождения корней трансцендентного уравнения. Разработана компьютерная программа, которая позволяет

с помощью ЭВМ рассчитывать предельно допустимые подачи по точности для любого набора остальных технологических факторов.

На рис. 5 показана зависимость предельно допустимой подачи от угла конуса при различных значениях требуемой точности обработки.

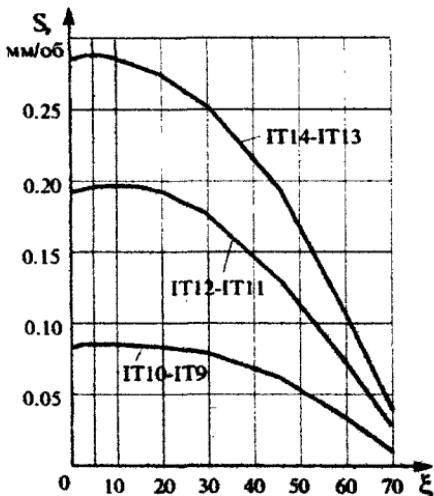


Рис. 5. Зависимость предельно допустимой подачи от угла конуса при различных показателях точности ($t = 4$ мм; $\Delta t = 2$ мм; $V = 100$ м/мин)

Таким образом, полученная модель управления показала, что она отражает влияние на предельно допустимую подачу многих технологических факторов. Модель проверена в производственных условиях ЧТЗ при обработке конусов. Проверка показала совпадение результатов экспериментов с теоретическими расчетами в пределах 15%.

Используя полученную модель, разработан руководящий технический материал (РТМ) по назначению режимов резания при обработке конической поверхности с универсального суппорта на ТМВПА.

3. ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Как было уже отмечено, при действующих методиках проектирования наладок на ТМВПА возникает несогласованность загрузки режущего инструмента – всегда имеется явно лимитирующий инструмент, который работает, когда остальные уже закончили работу. Естественным направлением совершенствования методики проектирования наладок является обеспечение равномерной загрузки режущих инструментов. Для режимов резания на ТМВПА общим параметром по позициям полуавтомата является время обработки, которое в идеале должно быть единым, чтобы все инструменты одновременно начинали и заканчивали обработку.

Выравнивание времени обработки на позициях можно обеспечить путем снижения режимов резания на нелимитирующих позициях.

Чтобы определить, на сколько могут быть снижены режимы резания на нелимитирующих позициях, предлагается строить области допустимых режимов резания для каждой позиции (рис. 6).

Угловая точка 1 определяет расчетные режимы резания.

Чтобы получить область допустимых режимов резания, накладывается дополнительное ограничение по времени обработки: $t_i \leq t_0$;

где t_0 – основное время работы наладки, которое фактически равно времени работы лимитирующего инструмента. Для этого на каждой позиции (в своей системе координат) строится линия (2-3), каждой точке которой соответствует сочетание подачи и частоты вращения, обеспечивающее время, равное t_0 .

Следующий этап – оптимизация режимов резания в полученной области. В качестве условия оптимальности предлагается взять максимум стойкости инструмента на каждой позиции. В зоне высоких скоростей, где зависимость "скорость-стойкость" монотонна, стойкость инструментов будет максимальной в точке 3. Эта точка соответствует минимальному числу оборотов шпинделя и расчетной подаче суппорта (пределной по точности).

Повышение стойкости инструментов обуславливает увеличение времени работы наладки между подналадками, что в конечном итоге ведет к повышению производительности при обработке партии деталей.

Для иллюстрации предложенной методики рассмотрен пример расчета наладки при обработке детали "Корпус 831-07" на ТМВПА.

Сравнительный расчет стойкостей инструментов исходного варианта наладки и варианта, соответствующего точке максимальной стойкости области допустимых режимов резания (в минутах резания и в штуках обработанных деталей), показывает, что стойкость инструментов после коррекции режимов резания возрастает в 6.5 раз.

Время работы между подналадками увеличилось с 63.4 мин. до 133 мин, то есть возросло в 2.1 раза.

Как видно, предложенная методика двухпараметрической коррекции режимов резания, не изменяя времени цикла обработки деталей, оказывает существенное влияние на увеличение времени работы между подналадками, снижение расхода режущего инструмента. За счет этого производительность операции повысилась на 14 %.

Эффективность предложенной методики:	
время стабильной работы	- +84.8 % ;
время простоев на подналадке	- -106.6 % ;
расход инструмента	- -118.4 % ;
производительность	- +14.2 % .

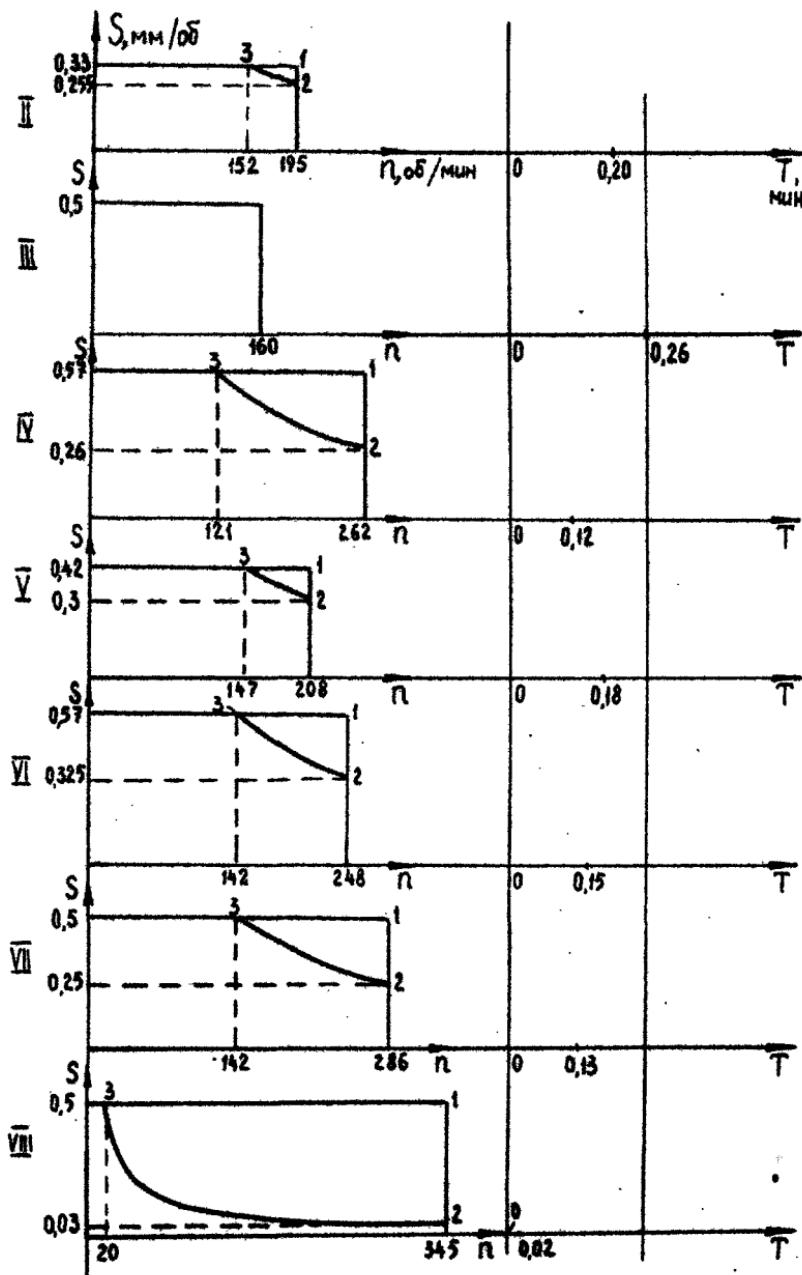


Рис. 6. Области допустимых режимов резания.

4. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ТМВПА

При многоинструментной обработке на токарно-автоматных операциях появляется специфический вид потерь – простой незатупленных инструментов во время замены одного затупившегося инструмента. Поскольку на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах число инструментов в наладке, в среднем составляет 18 - 20 штук, очевидно, что эти специфические потери могут достигать значительных величин. Поэтому необходимо прогнозировать величины этих потерь на стадии проектирования, что создаст предпосылки для минимизации этих потерь за счет разработки рационального способа замены затупившегося инструмента, а также для расчета нормы многостаночного обслуживания.

Г.И. Темчин рассмотрел два способа замены инструмента:
 последовательный, когда каждый режущий инструмент заменяется после исчерпания его периода стойкости;
 параллельный, когда после затупления инструмента с минимальным периодом стойкости меняются все инструменты наладки.

Им также высказана идея о групповой замене инструментов, когда инструменты для замены объединяются в группы с близкими периодами стойкости. Однако расчетов и анализа эффективности этого способа у него нет.

Загрузка наладчика тесно связана с методом замены инструментов. Поэтому эти важные задачи решались во взаимосвязи.

Для этого разработана имитационная модель работы участка полуавтоматов при их обслуживании одним наладчиком. Такая модель, имитируя работу группы полуавтоматов и обслуживающего их наладчика, дает возможность расчета нормы многостаночного обслуживания для наладчика, то есть определения количества стакнов, обслуживающих одним наладчиком без их простоя в "ожидании" наладчика.

Основу имитационной модели работы участка станков составляют циклограммы работы каждого станка и наладчика (рис. 7).

При построении циклограммы выделяются следующие составляющие элементы цикла работы станка, которые разделяются на две части:

- 1) машинное время работы станка до остановки для замены и подналадки затупившихся инструментов;
- 2) время занятости наладчика:
 - замена группы затупившихся инструментов;
 - обработка пробных деталей после замены группы затупившихся инструментов;

- подход наладчика к станку для замены группы затупившихся инструментов.

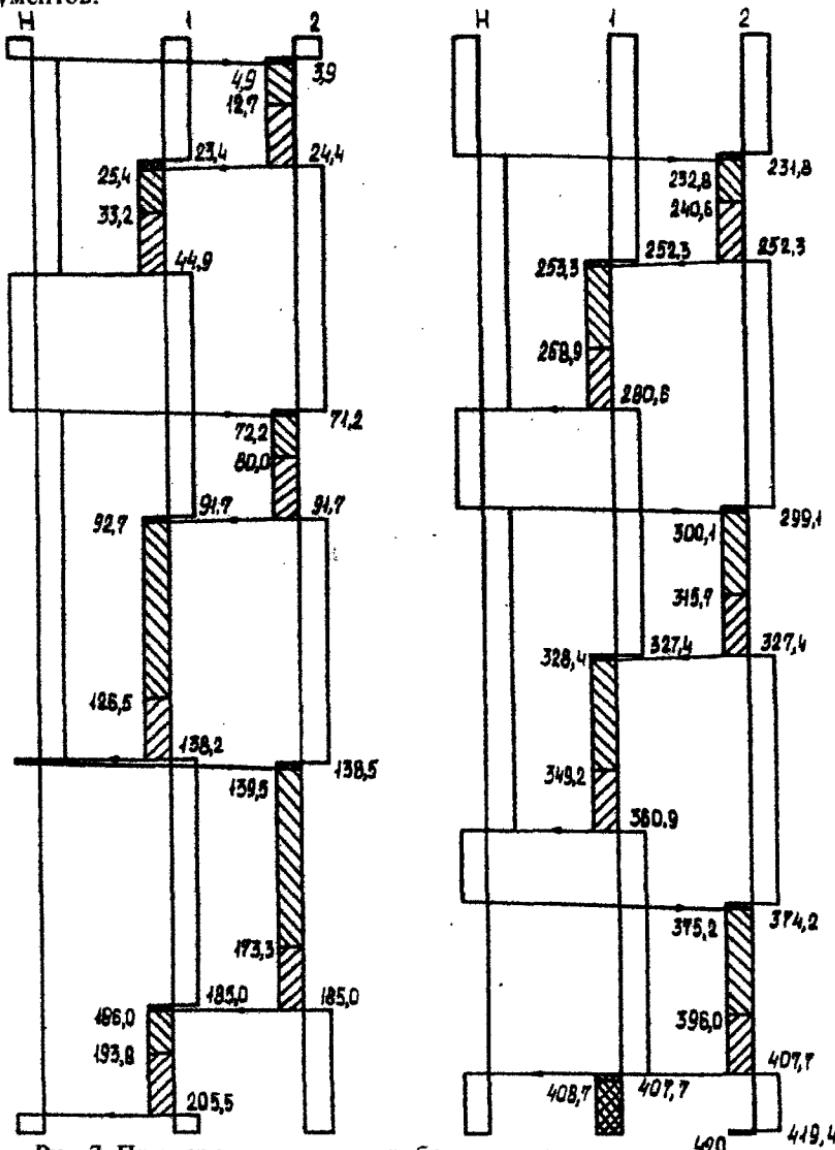


Рис. 7. Пример циклограммы работы двух станков при обслуживании их одним наладчиком (групповой способ замены инструментов)

При расчете циклограммы учтены связи времени на подналадку с точностью обработки и числом заменяемых инструментов.

На рис. 7 в качестве примера представлена циклограмма работы двух станков при групповом способе замены инструментов.

Сравнение рассчитанных циклограмм для разных способов замены инструментов дало следующие нормы обслуживания при беспростойной работе станка: при последовательном способе замены инструментов – 2 станка на наладчика, при параллельном способе замены – 3 станка на наладчика, при групповом способе замены – 5 станков на наладчика.

На основе имитационной модели работы участка полуавтоматов разработан программный модуль, предназначенный для расчета и построения циклограммы работы участка токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматов при обслуживании их одним наладчиком в течение ряда смен, позволяющий определить норму многостаночного обслуживания.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана методика расчетного определения режимов резания для ТМВПА с целью обеспечения требований по точности на основе:

- модели точности и модели управления технологическими параметрами, позволяющих назначить максимально допустимые подачи, и следовательно, обеспечить наивысшую производительность операции при заданной точности размеров;

- методики двухпараметрической оптимизации режимов резания при обработке на ТМВПА, позволяющей получить наладку с равномерной загрузкой всех позиций полуавтомата;

- методики расчета и построения циклограммы работы участка полуавтоматов при обслуживании их одним наладчиком, позволяющей определить норму многостаночного обслуживания.

2. Результаты работы вошли в "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы. Часть II. Токарные многошпиндельные горизонтальные патронные полуавтоматы, токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы, токарно-револьверные полуавтоматы, автоматы продольного точения (Среднесерийное, крупносерийное и массовое производство)", разработанные по заданию Центрального бюро нормативов по труду.

3. Разработан РТМ по назначению режимов резания при обработке конической поверхности с универсального суппорта на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах.

4. На основе полученной математической модели управления технологическими параметрами разработан программный модуль, предназначенный для расчета режимов резания при обработке конических поверхностей с универсального суппорта на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах при обеспечении требований по точности размеров.

5. На основе имитационной модели работы участка полуавтоматов разработан программный модуль, предназначенный для расчета и построения циклограммы работы участка токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматов при обслуживании их одним наладчиком в течение ряда смен, позволяющий определить норму многостаночного обслуживания.

По теме диссертации опубликованы работы:

1. Кошин А.А., Сазонова Н.С., Шейкин С.В. Расчет многостаночного обслуживания токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматов // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 79–86.
2. Богатенков С.А., Юсубов Н.Д., Сазонова Н.С. Оптимизация планов обработки поверхностей, выполняемых на токарных полуавтоматах по критерию производительности // Депонированные научные работы; библиограф. указатель ВИНТИ. – 1992. – №8. – С.59.
3. Сазонова Н.С. Оптимизация режимов резания на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 71–78.
4. Сазонова Н.С. Статистический анализ применяемых на машиностроительных заводах структур наладок при обработке на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. – Челябинск: ЧГТУ, 1993. – С.80–86.
5. Сазонова Н.С.(Фролова Н.С.) Прогнозирование точности при обработке на токарных многошпиндельных вертикальных полуавтоматах // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. – Челябинск: ЧГТУ, 1991. – С.75–77.

Издательство Челябинского
государственного технического университета

ЛР № 020364 от 20.01.92. Подписано в печать 24.05.96. Формат
60x84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ. л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,00.
Тираж 100 экз. Заказ 125/271.

УОП издательства. 454080, г.Челябинск, пр. им.В.И.Ленина, 76.