

На правах рукописи

Машал Амджад Ахмад

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТОКАРНОЙ ОБ-
РАБОТКИ ПУТЁМ ТОЧЕНИЯ БЛОКОМ РЕЗЦОВ

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2004

Работа выполнена на кафедре «Технология машиностроения» в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Мурашкин Сергей Леонидович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Панкратов Юрий Михайлович

кандидат технических наук, доцент
Медко Владимир Семенович

Ведущая организация

ООО «Технология» г. Псков

Защита состоится «25» мая 2004 г. в ___ часов на заседании диссертационного Совета Д 212.229.26 в ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, корпус 1, аудитория 41.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан «___» _____ 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
доктор технических наук, профессор

Тисенко В.Н.

Общая характеристика работы

В диссертации представлены результаты исследований, связанные с расширением технологических возможностей токарной обработки путём точения блоком резцов.

Актуальность работы.

Проблема повышения точности и производительности токарной черновой обработки валов является сложной задачей. Из справочной литературы известно, что точность токарной обработки составляет: при однократном или черновом точении – 12÷13 квалитеты; получистовом точении – 9÷11 квалитеты; чистовом точении – 8 квалитет и тонком точении – 6÷7 квалитеты. Доминирующая часть погрешности (~ 70%) при черновом точении происходит из-за упругих деформаций технологической системы (ТС), возникающих от силы резания.

Традиционно повышение точности и качества поверхности при черновой обработке в машино- и приборостроении достигается уменьшением сил, действующих на технологическую систему или увеличением ее жесткости. Первый путь связан с повышением точности заготовок или с уменьшением производительности обработки, второй – с увеличением затрат на модернизацию существующего или на приобретение нового металлорежущего оборудования повышенной жесткости. Наибольший экономический эффект может быть достигнут повышением точности обработки на существующем оборудовании с одновременным увеличением производительности процесса.

При точении вала на токарном станке его форма будет цилиндрической только в том случае, если станок и заготовка не станут деформироваться под действием сил резания при отсутствии износа и тепловых деформаций инструмента. На практике отклонения от цилиндрической формы вызваны податливостью станка и заготовки, что обуславливает бочко- или седлообразную форму детали. Следовательно, на качество обработки валов малой жесткости оказывают влияние множество факторов, главным из которых является радиальная составляющая силы резания при всех прочих условиях обработки.

Как показывает практика, из всех существующих методов повышения точности и производительности обработки, наиболее эффективным является метод компенсации сил, действующих на технологическую систему.

В общей номенклатуре металлорежущих станков на машино- и приборостроительных заводах наибольший объем составляют станки токарной группы (до 35–40 %). Высокий процент использования токарных станков на промышленных предприятиях обусловлен большим объемом токарных работ и их относительно низкой производительностью. Технологические возможности настроенной черновой токарной обработки при существующей жесткости станков ограничиваются сравнительно невысокой их точностью.

Поэтому новые теоретические, методические и технические решения для производительной, качественной черновой обработки заготовок представляют собой актуальную научно–техническую разработку, обеспечивающую решение важной прикладной задачи.

Цель работы:

Расширить технологические возможности токарной операции (повысить производительность и точность токарной операции, увеличить допустимые значения L/D) путем точения блоком резцов.

Основные задачи исследования:

- выполнить теоретический анализ баланса точности черновой токарной операции с выявлением доминирующей погрешности;
- разработать математическую модель баланса точности (погрешности) токарной операции при точении блоком резцов;
- разработать конструкцию токарного приспособления для точения блоком резцов;
- выполнить экспериментальные исследования токарной обработки блоком резцов для подтверждения результатов математической модели и определения области безвибрационной обработки;
- выявить влияние точности настройки резцов в блоке на погрешность обработки вала в продольном сечении;
- разработать методику настройки резцов в блоке на размер для способов точения по методу деления подачи и глубины резания.

Методы исследования

При выполнении диссертационной работы использовались различные методы, основными из которых являются:

- метод экспериментальных исследований с обработкой результатов по методу наименьших квадратов;
- метод теоретических исследований с использованием основных зависимостей теории резания металлов.

На защиту выносятся:

- теоретические и экспериментальные исследования возможностей чернового точения блоком резцов на токарном станке;
- сравнительный анализ суммарной погрешности при работе одним, двумя резцами и блоком резцов;
- результаты влияния точности настройки резцов в блоке на погрешность обработки вала в продольном сечении.

Научная новизна работы

Разработана математическая модель баланса точности токарной операции в условиях точения блоком резцов с уравниванием сил резания. В результате теоретических расчетов и экспериментальных исследований вскрыты закономерности образования формы продольного сечения и установлены основные зависимости податливости технологической системы при черновой обработке двумя резцами.

Практическая ценность

На основе теоретических и экспериментальных исследований токарной обработки путём точения блоком резцов:

- разработана математическая модель назначения режимов резания однократной черновой токарной обработки блоком резцов для достижения точности 10-11 квалитетов и прогнозирования формы продольного сечения детали;
- разработана конструкция приспособления точения валов блоком резцов на токарном станке;
- предложена методика и разработана конструкция статической настройки резцов в блоках.

Апробация работы

Основные положения работы и её отдельных частей доложены на VI Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах», Санкт-Петербург, 6-7 июня 2002 г.; научной конференции студентов и аспирантов «XXXI неделя науки СПбГПУ», 25-30 ноября 2002 г.; научной конференции студентов и аспирантов «XXXII неделя науки СПбГПУ», 24-29 ноября 2003 г.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 3 печатных работы.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы (115 наименований) и приложений, включает 120 страниц печатного текста, 97 таблиц и 37 рисунков. Общий объем работы составляет 195 страниц.

Основное содержание работы

Введение. Во введении обоснована актуальность темы, ее практическая значимость, определены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрено состояние вопроса. Выполнен обзор работ ведущих отечественных и зарубежных ученых в области повышения производительности и точности токарной операции за счет уравнивания сил резания и обеспечения заданной точности детали - основное требование к технологическому процессу. Исследованиями, выполненными Кораблевым П.А., Купцовым С.Г., Пакковым Г.В., Дюновым А.В. Пеговым В.Б., Калининым С.Г., Подпоркиным В.Г., Васильевым Л.А., Колевым К.С., Жуйковым В.А., Апатовым Ю.Л. и другими, доказано, что при токарной обработке несколькими резцами с уравниванием сил резания существенно повышаются производительность, точность формы и размеров деталей вследствие уменьшения упругих деформаций ТС. В большей степени этот эффект проявляется при адаптивном управлении поперечными суппортами.

Проанализированы технологические возможности чернового точения одним, двумя резцами и блоком резцов и установлено, что в производственных условиях практически невозможно достичь равенства радиальных сил резания из-за разных жесткостей переднего и заднего резцедержателей, неточности настройки резцов (отклонения расположения резцов в осевом и радиальном направлении), биения обрабатываемой заготовки вследствие различных односторонних припусков на обработку, неравномерного износа резцов и отрывного характера силы резания P_z , действующей на задний резцедержатель. На основе

выполненного анализа были сформированы цели и задачи исследования токарной обработки двумя резцами и блоком резцов.

Во второй главе изложена методика исследования. Исследование технологического процесса обработки деталей производилось на станке 1К62, снабженного плитой на суппорте, на котором закреплен дополнительный держатель заднего резца станка 1К62 с индивидуальным приводом перемещения. Накладные планки блока резцов предназначены для установки двух резцов в переднем суппорте и двух в заднем (два резца установлены противоположно в горизонтальной плоскости, перпендикулярно направляющим станка, а два других - под углом 45° к первым двум).

В качестве заготовок использовался стальной горячекатаный круглый прокат диаметром 65 мм, марки сталь 45 с предельными отклонениями по диаметру при точности обычной прокатки $+0,5 - 1,1$ мм. При проектировании многоинструментной наладки был составлен план размещения резцов и их перемещения относительно заготовки и станка. При этом задним резцедержателем настраивают резцы по подаче, а передним с суппортом - по глубине. Для ускорения процесса настройки использовалась конусная оправка, которая устанавливалась в шпиндель станка. На ее переднюю часть укрепляют ступенчатые кольца с разными размерами для получения более точного значения настройки.

Третья глава посвящена разработке методики назначения режимов резания, обеспечивающих требуемую точность обработки. Выбор силы резания для достижения допустимого качества точности позволяет произвести расчет подачи и ее корректировку на станке. Исследования упругих деформаций ТС проводились с помощью метода статического нагружения. Имитация процесса резания от сил P_y достигалась соответствующим образом путем приложения нагрузки и контроля перемещения (рис. 1).

Обработка экспериментальных данных производилась по следующей формуле

$$y = \frac{W_3(L_i + L_{нов.})}{L_1 + R_{нов.}}$$

где y - упругие деформации ТС, возникающие от сил резания P_y , мкм;

W_1, W_2, W_3 - показания индикаторов $I_{1,2,3}$, мкм;

L - вылет заготовки из патрона станка, мм;

$R_{пов.}$ - радиус поворота, мм, ($R_{нов.} = \frac{W_1 \cdot L_1 - W_3 \cdot L}{W_3 - W_1}$).

Для определения подачи, соответствующей допустимым силам резания P_y предложена следующая формула:

$$S_{расч.} = y_{py} \sqrt{\frac{P_y}{10 \cdot C_{py} \cdot (V)^n_y \cdot t^{x_{py}} \cdot K_p}}$$

где P_y - радиальная силы резания, Н;

U_{py}, X_{py}, n - показатель степени в главной составляющей силы резания P_y ; C_p - коэффициент резания, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_p = K_{Мр} \times K_{фр} \times K_{\gamma_p} \times K_{\nu_p} \times K_{hp} \times K_{гр}$ - множественные поправочные коэффициенты на P_y в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала,

главного угла в плане, переднего угла, скорости резания, износа резца, радиуса при вершине лезвия резца соответственно.

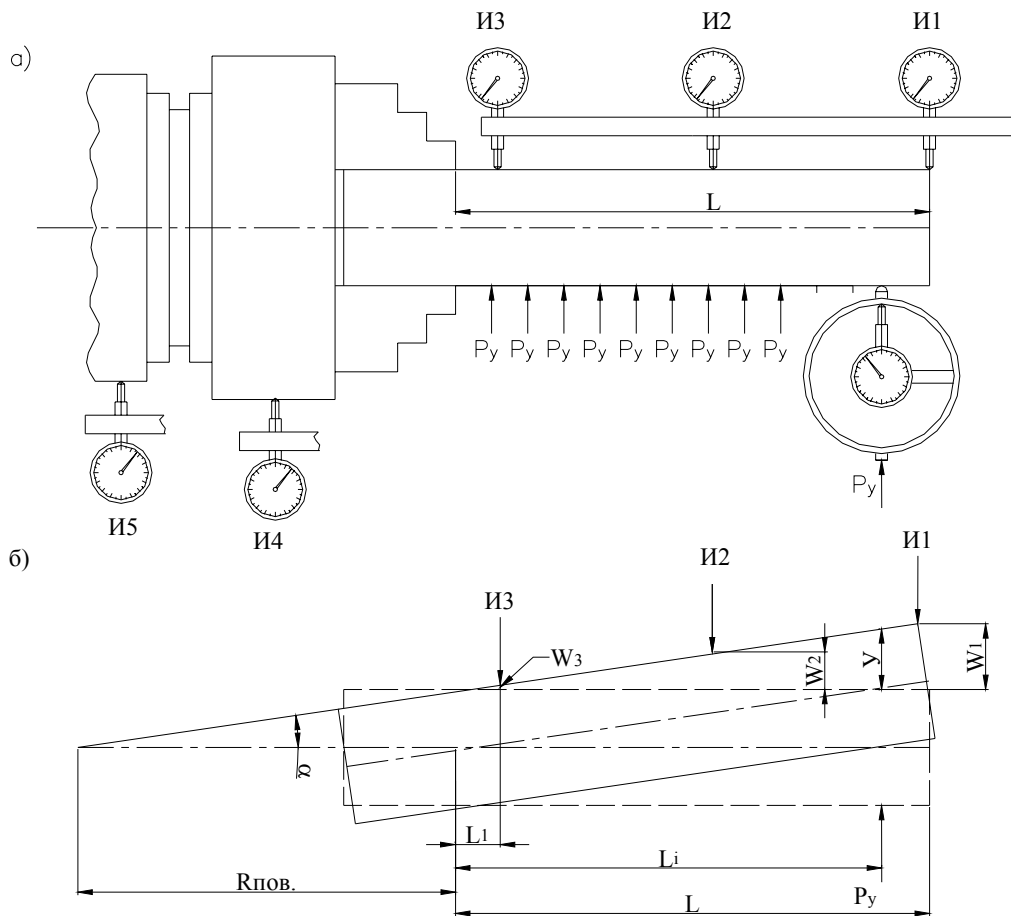


Рис.1. Метод статического нагружения заготовки в патроне
а) схема расположения индикаторов; б) схема деформаций заготовки.

Выбор силы резания для достижения допустимого класса точности позволяет произвести расчет подачи и корректировку ее по станку (табл.1)

Таблица 1

Сила резания, Н	Скорость резания V , м/мин		Частота вращения n , об/мин	Глубина резания t , мм	Подача, мм/об	
	$P_{у.рас.}$	$P_{у.ст.}$			$S_{рас.}$	$S_{ст.}$
300	288	20	100	2	0,08	0,074
	323	41	200	3	0,062	0,07
	294	82	400	3	0,087	0,084
	298	128	630	4	0,071	0,07
600	570	20	100	2	0,254	0,23
	600	41	200	3	0,196	0,195
	578	82	400	3	0,276	0,26
	576	128	630	4	0,225	0,21
900	874	20	100	2	0,499	0,47
	907	41	200	3	0,384	0,39
	886	82	400	3	0,543	0,53
	886	128	630	4	0,448	0,43

Четвертая глава посвящена исследованию жесткости технологической системы по податливости отдельных узлов и станка в целом. Экспериментально определены значения жесткости отдельных узлов статическим методом (в патроне, центрах, и в патроне и в центре), что позволило вычислить жесткость станка в целом.

Для определения жесткости станка в целом упругие деформации отдельных его узлов приводились к зоне обработки и суммировались. В том случае, когда жесткость узлов станка не зависела от координаты обработки, это производилось простым суммированием перемещений отдельных его узлов.

Несколько сложнее определение жесткости станка в случае зависимости ее от координаты обработки. Низкий коэффициент жесткости шпиндельного узла токарного станка при патронной работе объясняется консольным креплением заготовки, а также малой жесткостью самих патронов и их крепления к шпинделю станка.

В табл. 2 представлены значения коэффициентов жесткости шпиндельного узла токарного станка 1К62 при патронной работе и обратной жесткости:

Таблица 2

Наименование узлов станка	Коэфф. жесткости j_k , Н/мкм при разной L					Коэфф. обратной жесткости ω_k , мкм/Н при разной L				
	80	160	240	320	400	80	160	240	320	400
Шпиндель с опорами $j_{ш}$	39,2	16,51	9,48	7,15	5,95	0,026	0,061	0,105	0,14	0,168
Крепление патрона к шпинделю $j_{кр.п}$	86,75	34,7	20,12	14,95	6,69	0,012	0,029	0,05	0,064	0,149
Весь узел шпинделя с деталью $j_{сб}$	20,67	9,24	4,32	2,72	1,68	0,048	0,108	0,231	0,368	0,596
Крепление кулачков в патроне и крепление детали $j_{к.д}$	88,2	52,92	13,12	6,19	3,60	0,011	0,019	0,076	0,162	0,278
Суппорт	19,396					0,052				
Задний резцедержатель	16,5					0,06				
Передний резцедержатель	48,17					0,02				

В пятой главе приведены теоретические исследования погрешностей при токарной обработке. Для решения основной задачи оптимизации технологической операции следует, прежде всего, определить состав погрешностей, входящих в общие погрешности формы Δ_{Σ} . На рис. 2 приведена общая схема образования погрешности формы детали при выполнении таких операций механической обработки, как обтачивание или растачивание.

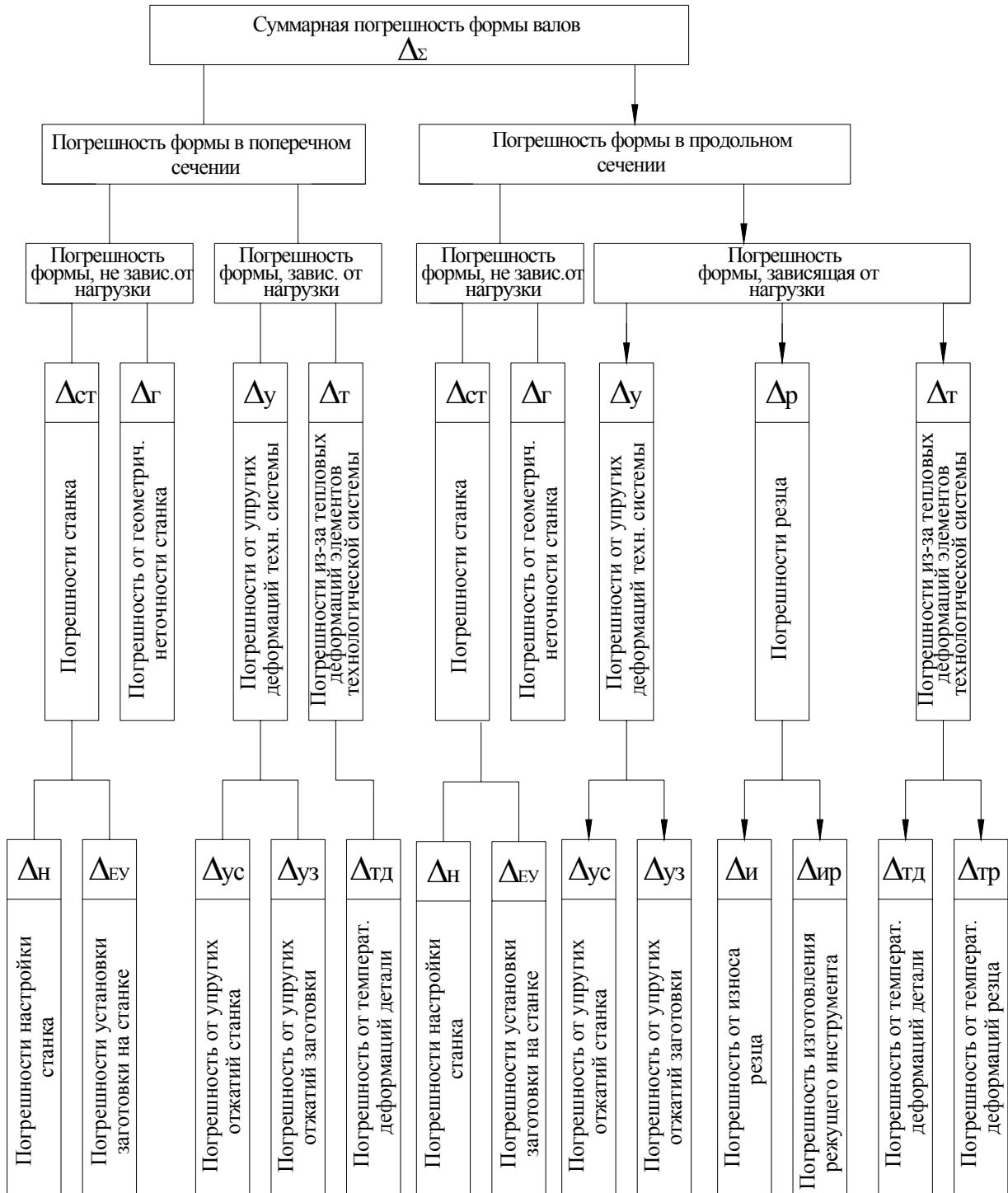


Рис.2. Схема образования погрешности формы детали при обтачивании и растачивании

Суммарную погрешность выполняемого размера можно выразить в общем виде следующей функциональной зависимостью:

$$\Delta_{\Sigma} = f(\Delta_{У}, \Delta_{Т}, \Delta_{и}, \Delta_{рн}, \Delta_{ЕУ}, \Delta_{r}, \Delta_{н}, \Delta_{ири}), \text{ мкм}$$

где $\Delta_{У}$ – погрешности из-за упругих деформаций ТС под влиянием нестабильности нагрузки (сил резания), мкм;

$\Delta_{Т}$ – погрешности из-за тепловых деформаций элементов ТС, мкм;

$\Delta_{и}$ – погрешности из-за размерного износа режущего инструмента, мкм;

$\Delta_{рн}$ – погрешности размерной наладки ТС, мкм;

$\Delta_{ЕУ}$ – погрешности установки заготовки на станках, мкм;

Δ_{r} – погрешности, возникающие из-за геометрических неточностей станка, мкм;

$\Delta_{н}$ – погрешности настройки станка, мкм;

$\Delta_{ири}$ – погрешности изготовления режущего инструмента, мкм.

Стрелками на схеме (рис. 2) показаны направления теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в настоящей работе .

Доля погрешностей в их общем балансе (суммарной погрешности) не постоянная и зависит от выполняемой операции (предварительной или чистовой), метода обработки, типа и состояния станка, его жесткости и других факторов (табл. 3).

Таблица 3

Доля погрешностей в их общем балансе при однорезцовой обработке		
	Предварительная операция	Чистовая операция
$\Delta_{У}$	30%–70%	>30%
$\Delta_{Т}$	достигают в отдельных случаях 10–15%	
$\Delta_{и}$	10–20%	10–20%
$\Delta_{рн}$	10–15%	
$\Delta_{ЕУ}$	при нерациональных схемах базирования 20-30% при рациональных схемах базирования >20%	
Δ_{r}	10–30%	
$\Delta_{н}$	20–30%	30–40%
$\Delta_{ири}$	3–9%	

В зависимости от условий проведения операции некоторые из составляющих этого комплекса могут оказывать доминирующее влияние на точность обработки, как, например, погрешности из-за упругих деформаций ТС на предварительной стадии обработки. Другие же погрешности при этом переходят в состав малозначительных и могут при проектировании не учитываться.

Построение расчетных значений погрешности (рис. 3) при обработке вала в патроне одним резцом из-за упругих деформаций ТС (сплошные линии с кружочками), произведено с использованием выражения:

$$\Delta_Y = 2 \cdot P_Y \left[\omega_{\Sigma} \left(\frac{X_0 + L - X}{X_0} \right) \cdot \left(\frac{L - X}{L} \right)^2 + \omega_{\text{супп.}} + \frac{10^3 (L - X)^3}{3 \cdot E \cdot \mathfrak{I}} \right] \quad (1)$$

Построение расчетных значений суммарной погрешности из-за упругих деформаций ТС, размерного износа режущего инструмента и его тепловых деформаций (сплошные линии с квадратиками) произведено с использованием выражения:

$$\Delta_{\Sigma} = 2 \cdot \left(P_Y \left[\omega_{\Sigma} \left(\frac{X_0 + L - X}{X_0} \right) \cdot \left(\frac{L - X}{L} \right)^2 + \omega_{\text{супп.}} + \frac{10^3 (L - X)^3}{3 \cdot E \cdot \mathfrak{I}} \right] + \frac{\pi \cdot d_{\text{заг.}} \cdot u_0 \cdot X}{10^6 \cdot S_{\text{см.}}} - \right. \\ \left. - 4,5 \cdot \frac{l_P}{F} \cdot \sigma_B \cdot (t \cdot S)^{0,75} \cdot \sqrt{V} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\pi \cdot d}{4000 \cdot S \cdot V} \cdot x} \right) \right) \quad (2)$$

где P_Y – силы резания, Н; ω_{Σ} – суммарная податливость передней бабки ($\omega_{\text{ПБ}}$) и податливость патрона токарного станка ($\omega_{\text{ПАТР.}}$), мкм/Н; $\omega_{\text{СУПП.}}$ – податливость суппорта токарного станка, мкм/Н; X – текущая координата обработки, мм; X_0 – расстояние торца кулачков до центра разворота шпинделя и патрона, мм; L – вылет заготовки из патрона станка, мм; E – модуль упругости для стали, Н/мм²; \mathfrak{I} – момент инерции сечения заготовки. Для круглого сечения $\mathfrak{I} = 0,05 \cdot d_{\text{заг.}}^4$, мм⁴; $d_{\text{заг.}}$ – диаметр заготовки, мм; u_0 – относительный износ в мкм на 1000 м пути резания; l_P – вылет резца, мм; F – площадь поперечного сечения державки резца ($b \cdot h$), мм²; σ_B – характеристика обрабатываемого материала, кг/мм².

Сравнение расчетных значений погрешностей (рис. 3), полученных из уравнений (1) и (2) позволяет сделать вывод, что их отличие происходит из-за возрастающих тепловых деформаций инструмента.

Корректировка подачи станка и глубины резания позволила установить одинаковые радиальные силы при разных скоростях резания ($V = 20, 41, 82, 128$ м/мин). При этом практически не происходит изменений упругих деформаций ТС.

При сравнении расчетных значений суммарной погрешности (сплошные линии с квадратиками) с расчетными и эксперимент. значениями (рис. 3) погрешностей из-за упругих деформаций ТС (практически совпадающими друг с другом) становится очевидным, что доминирующая часть погрешностей (~70%) при черновом точении возникает из-за упругих деформаций ТС, а другие переходят в состав малозначительных и при проектировании могут не учитываться.

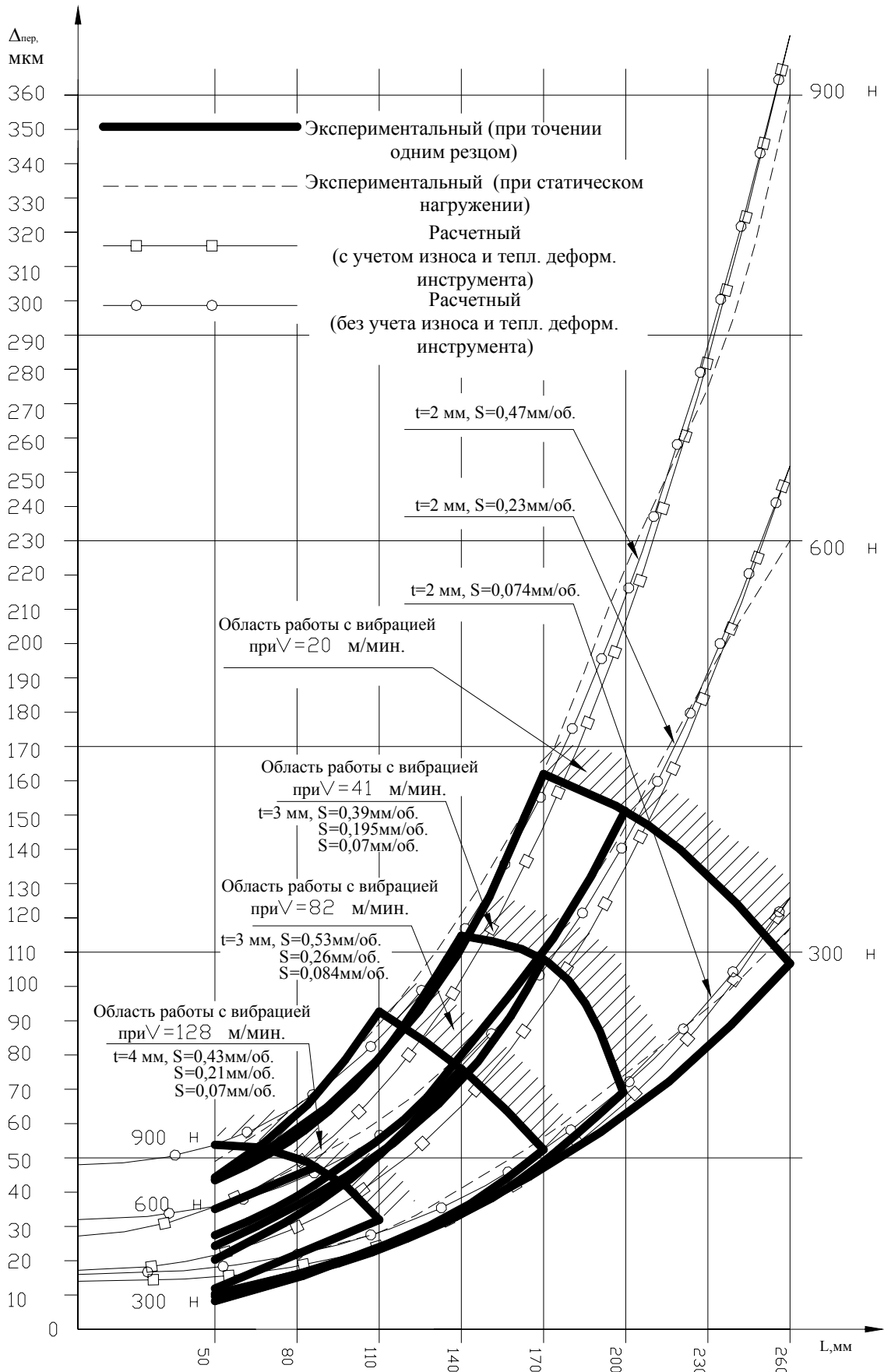


Рис.3. Влияние вылета заготовки на односторонний профиль продольного сечения при точении одним резцом

При исследовании погрешностей, возникающих при работе суппорта, снабженного двумя резцедержателями, имеем дело с двумя взаимосвязанными резцами, из которых один закрепляется в нормальном положении (в переднем резцедержателе), а другой – в перевернутом (в заднем резцедержателе).

При двух резцедержателях токарную обработку можно производить по методу деления подачи и по методу деления глубины резания (рис. 4).

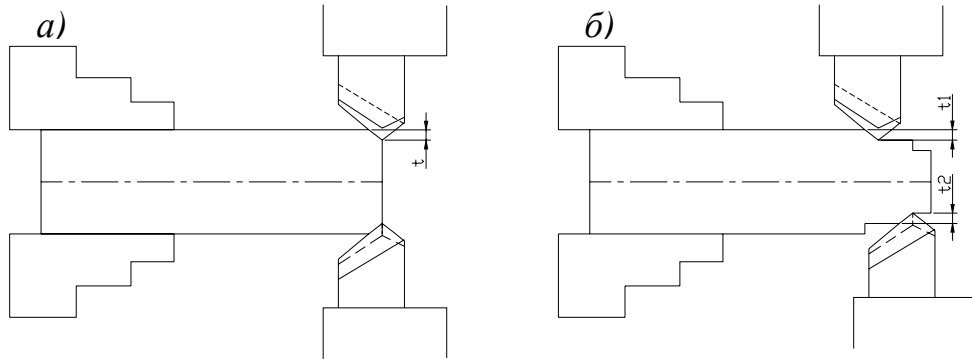


Рис.4.Схема установки резцов при обработке по методам:

а) деления подачи; б) деления глубины резания.

При обработке по методу деления глубины резания сила резания, действующая на чистовой резец, меньше, чем на черновой. За счет разности этих сил заготовка отжимается на чистовой резец. Таким образом, этот метод не позволяет достигнуть компенсации сил резания.

Обработка вала в патроне двумя резцами по методу деления подачи (при неточности настройки резцов по подаче в осевом и глубине резания в радиальном направлениях) предполагает следующие различные схемы неточности настройки резцов:

- резцы неточно настроены по подаче (резец заднего резцедержателя отстает по подаче от резца переднего), оба резца точно настроены по глубине относительно базисуемых поверхностей (рис. 5-а);

-резцы неточно настроены по подаче (резец заднего резцедержателя отстает по подаче от резца переднего), передний резец точно настроен по глубине, а другой - неточно настроен по глубине резания относительно базисуемых поверхностей в плюсе (рис. 5-б);

- резцы неточно настроены по подаче (резец заднего резцедержателя отстает по подаче от резца переднего), передний резец точно настроен по глубине, а другой - неточно настроен по глубине резания относительно базисуемых поверхностей в минусе (рис. 5-в);

- резцы неточно настроены по подаче (резец заднего резцедержателя отстает по подаче от резца переднего), задний резец точно настроен по глубине, а другой - неточно настроен по глубине резания относительно базисуемых поверхностей в плюсе (рис. 5-г);

- резцы неточно настроены по подаче (резец заднего резцедержателя отстает по подаче от резца переднего), задний резец точно настроен по глубине, а другой - неточно настроен по глубине резания относительно базисуемых поверхностей в минусе (рис. 5-д).

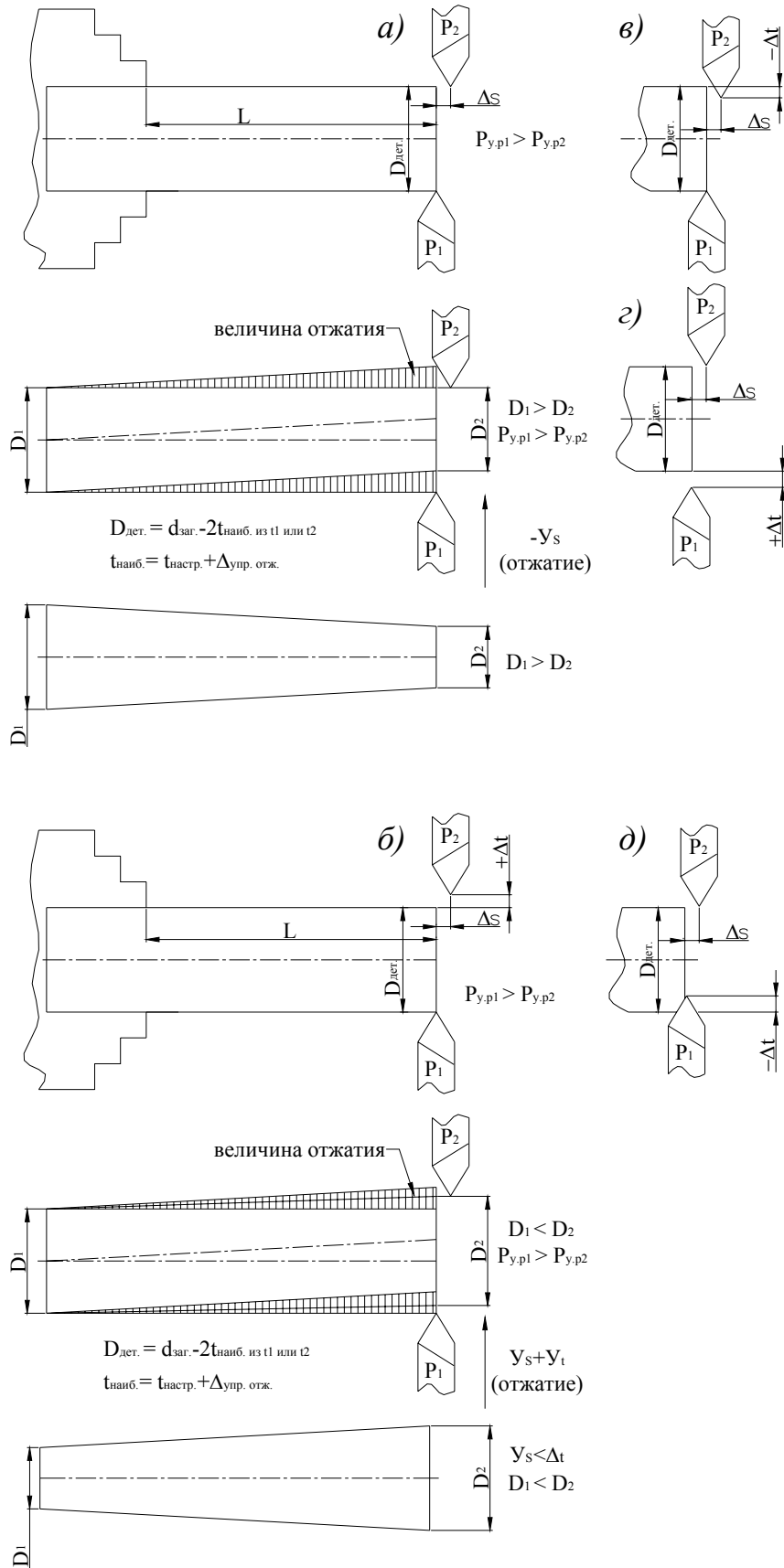


Рис.5. Схемы неточности настройки резцов по подаче (Δs) и глубине резания (Δt) и виды формы вала в продольном сечении

Таким образом, исследование погрешностей, возникающих при токарной обработке двумя резцами (при точения по методу деления подачи и неточности настройки резцов по подаче и глубине резания), позволило сформировать следующую **общую математическую модель погрешностей из-за упругих деформаций технологической системы под влиянием сил резания:**

при обработке вала в патроне $S_{п.р.д.} \neq S_{з.р.д.}$ и $t_{п.р.д.} \neq t_{з.р.д.}$:

$$\Delta_y = 2 \cdot P_{yp} \cdot \omega_{п.р.д.} + 2 \cdot \left(\pm P_{yS_{раз}} \pm P_{yt_{раз}} \right) \cdot \left[\omega_{\Sigma} \left(\frac{X_0 + L - X}{X_0} \right) \cdot \left(\frac{L - x}{L} \right)^2 + \frac{10^3 (L - X)^3}{3 \cdot E \cdot \zeta} \right]$$

где $\omega_{п.р.д.}$, $\omega_{з.р.д.}$ - податливость переднего и заднего резцедержателей;

P_{yp} - радиальная сила по подаче на резец;

$P_{y_{раз}}$ - радиальная сила по разности глубин резания.

$$P_{y_{раз}} = P_{yIp} - P_{yIIP}$$

$$P_{yIp, IIP} = C_P \cdot (t_{Ip, IIP})^{x_P} \cdot (S)^{y_P} \cdot V^{-n_V} \cdot k_M \cdot k_{\varphi} \cdot k_{\gamma} \cdot k_{\lambda} \cdot k_r$$

$$t_{Ip} = t_{cm.}$$

$$t_{IIP} = t_{cm.} - \Delta t$$

где Δt - разность глубин резания (погрешность настройки) между резцами переднего и заднего резцедержателей, мм;

$P_{y_{спаз}}$ - радиальная сила по разности подачи, Н.

$$P_{y_{спаз}} = P_{yIp} - P_{yIIP}$$

$$P_{yI, IIP} = C_P \cdot (t)^{x_P} \cdot (S_{I, IIP})^{y_P} \cdot V^{-n_V} \cdot k_M \cdot k_{\varphi} \cdot k_{\gamma} \cdot k_{\lambda} \cdot k_r$$

$$S_{IP} = \frac{S_{cm.} \pm \Delta S}{2}$$

$$S_{IIP} = \frac{S_{cm.} \mp \Delta S}{2}$$

где $S_{I, IIP}$ - подачи резцов переднего и заднего резцедержателей, мм/об;

$S_{СТ.}$ - подача станка, мм/об;

ΔS - погрешность настройки резцов по подаче, мм.

Знак (\pm) упругих деформаций ТС при неточности настройки резцов по подаче и глубине резания определяется в зависимости от расположения резца.

При обработке вала в патроне по методу деления глубины резания резцы устанавливаются на разных расстояниях от линии центров. При этом резец (чистовой), который формирует окончательный размер заготовки в осевом направлении, должен быть расположен дальше от шпинделя, чем черновой на величину равную или чуть большую величины подачи. В этих условиях глубина резания чистового резца постоянна при обработке всей партии заготовок, а глубина резания чернового резца зависит от действительного размера заготовки, который колеблется в пределах допуска на всю партию.

При работе суппорта, снабженного двумя резцедержателями с накладной планкой блоком резцов, имеем дело с установкой двух резцов в переднем резцедержателе и двух в заднем (два резца установлены противоположно в гори-

зонтальной плоскости перпендикулярно направляющим станка, а два остальных - под углом 45° к первым двум).

При точении блоком резцов можно работать по методам деления подачи и глубины резания. При точении по методу деления подачи все резцы настроены на один размер. При точении по методу деления глубины резания два резца, установленные противоположно в горизонтальной плоскости формируют окончательный размер заготовки, а два остальных осуществляют черновой съём припуска и настраиваются в поперечной плоскости со смещением относительно первых двух резцов в сторону передней бабки на величину, примерно равную величине подачи. На размер по диаметру они настраиваются попарно с учетом припуска под резцы окончательной обработки.

Влияние неточности настройки резцов при точении блоками резцов на суммарную погрешность формы вала в продольном сечении – проблема, требующая дальнейшего исследования и скрывающая в себе большой резерв повышения производительности процессов токарной обработки.

Погрешность настройки резцов непосредственно влияет на действительную подачу и глубину резания, с которой работает каждый резец и приводит к изменению формы в продольном сечении.

В шестой главе проанализированы результаты экспериментальных исследований суммарной погрешности формы вала в продольном сечении, возникающей при токарной обработке в патроне одним, двумя резцами и блоком резцов.

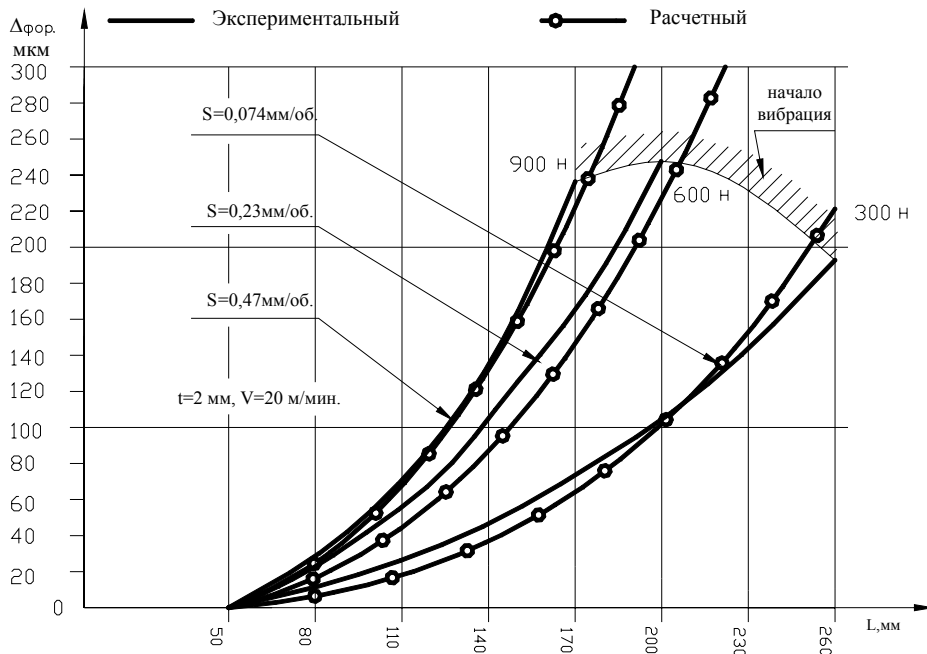


Рис.6. Суммарная погрешность в продольном сечении при обработке вала в патроне одним резцом в зависимости от вылета заготовки для разных сил резания при $V=20$ м/мин

На рис. 6 показаны (жирные сплошные линии) экспериментальные и расчетные (сплошные линии с кружочками) значения суммарной погрешности в

продольном сечении в зависимости от вылета заготовки при обработке вала в патроне одним резцом для разных сил резания при $V=20$ м/мин.

Сравнение графиков рис. 6 показывает, что степень точности формы изменяется относительно длины обработки следующим образом (табл. 4):

Таблица 4

Сила резания P_y , Н	Длина заготовки L , мм.							
	50	80	110	140	170	200	230	260
	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81 (качества)							
300	качества	8	9	10	11	12	12	13
	расч.	6	18	37	64	102	152	220
	экспер.	12	26	46	74	105	144	193
600	качества	9	10	12	13	14	14	14
	расч.	19	48	95	146	227	330	460
	экспер.	23	56	105	165	248	-	-
900	качества	9	11	12	13	14	14	14
	расч.	25	68	132	222	341	493	683
	экспер.	29	71	135	236	-	-	-

На рис. 7 показаны экспериментальные (жирные сплошные линии) и расчетные (сплошные линии с кружочками и квадратиками) значения суммарной погрешности в продольном сечении в зависимости от вылета заготовки при обработке вала в патроне двумя резцами для разных значений неточности настройки резцов по подаче (0,02, 0,05, 0,1 и 0,13 мм/об).

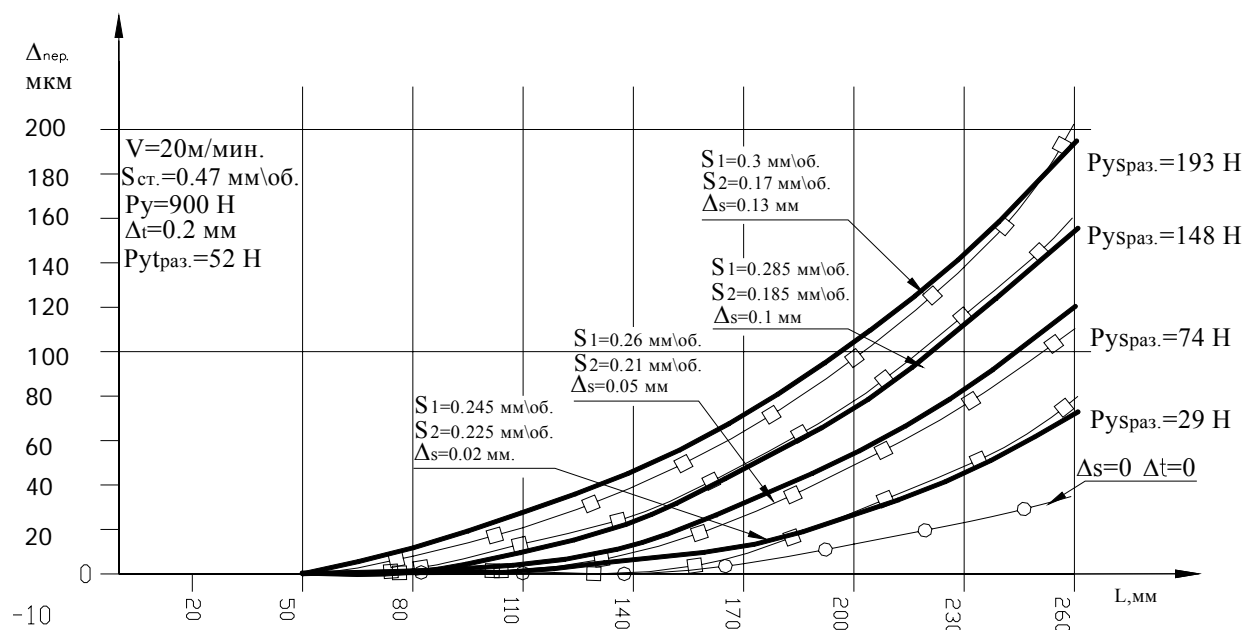


Рис.7. Суммарная погрешность в продольном сечении при обработке вала в патроне двумя резцами в зависимости от вылета заготовки для разных значений неточности настройки резцов ($V=20$ м/мин)

Сравнение графиков рис. 7 показывает, что степень точности формы изменяется относительно длины обработки следующим образом (табл. 5):

Таблица 5

Неточность настройки резцов по подаче Δs , мм/об	Длина заготовки L, мм							
	50	80	110	140	170	200	230	260
	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81 (кавалитеты) Погрешность в продольном сечении в завис. от вылета заготовки, мкм							
0,0	квали- теты	4	5	6	6	7	8	9
	расч. экспер	2 -	4 -	6 -	9 -	14 -	23 -	35 -
0,02	квали- теты	4	5	6	7-8	9	10	11
	расч. экспер	2 2	3 3	4 7	9 12	28 26	48 45	80 73
0,05	квали- теты	5	6	7	8-9	10	11	12
	расч. экспер	2 3	5 5	13 10	26 32	49 54	76 83	110 120
0,1	квали- теты	5	7	8-9	10	11	12	12
	расч. экспер	4 4	14 9	26 24	50 47	78 74	116 112	160 155
0,13	квали- теты	6	7-8	9-10	10-11	11	12	13
	расч. экспер	7 11	21 28	39 46	64 71	97 104	138 144	202 195

На основе математической модели, подтвержденной экспериментальными исследованиями, построены следующие значения (табл. 6) преобладающих погрешностей в общем балансе точности при однократном наружном точении ($L/D=4$)

Таблица 6

Метод обра- ботки	Упругие деформа- ции ТС, %	Тепловые деформации элементов ТС, %	Износ инструмента, %	Настройка станка, %	Степень точности (кавалитеты)
Одним резцом	30–70	10–15	10–20	20–30	12–14
Двумя резцами	10–26	5–13	5–17	10–60	10–11

Заключение и выводы

1. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработана математическая модель баланса точности токарной операции в условиях точения блоком резцов с уравниванием сил резания.
2. В результате теоретических расчетов и экспериментальных исследований вскрыты закономерности формирования профиля обработанной поверхности от точности настройки резцов по подаче и глубине резания и предложена методика их поднастройки.
3. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработана математическая модель назначения режимов резания однократной черновой токарной обработки блоком резцов для достижения точности 10-11 квалитетов и прогнозирования формы продольного сечения детали.
4. Применение схем точения двумя рецами и блоком резцов позволяет исключить черновой переход и, тем самым, сократить машинное время и увеличить допустимые значения L/D по сравнению с однорезцовой обработкой в 1,5-3 раза.
5. Подтверждены основные факторы, определяющие точность черновой обработки валов на токарном станке, соотношения между режимами резания и упругими деформациями технологической системы.
6. Разработана конструкция приспособления настройки резцов в блоке на размер для способов точения по методу деления подачи и глубины резания.
7. Уравнивание от радиальной силы резания позволяет:
 - а) работать на изношенных станках с пониженной жесткостью;
 - б) уменьшить нагрузку от радиальной составляющей силы резания на отдельные элементы станка (суппорт, подшипники шпинделя, места их крепления);
 - в) совместить использование одних и тех же станков на черновой и полуступенчатой стадиях обработки.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Машал А.А., Шипилов Н.Н., Расширение технологических возможностей токарного станка путём использования многолезвовой обработки // Тезисы материалов VI Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах». – С.-Петербург: СПбГПУ., 6-7 июня 2002г. – С. 202.
2. Машал А.А., Шипилов Н.Н., Сравнительный анализ различных схем токарной обработки валов // Тезисы материалов XXXI Неделя науки СПбГПУ «научной конференции студентов и аспирантов». – С.-Петербург: СПбГПУ., 25-30 ноября 2002г. – С. 34.
3. Машал А.А., Шипилов Н.Н., Расширение технологических возможностей токарной обработки путём точения блоком резцов// Тезисы материалов XXXII Неделя науки СПбГПУ «научной конференции студентов и аспирантов». – С.-Петербург: СПбГПУ., 24-29 ноября 2003г. – С 43.