М282865

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

КЛИМОВ Иван Михайлович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ НАЛАДКИ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАЛЫМИ ПАРТИЯМИ

(Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1976

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научные руководители – заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор КОРСАКОВ В.С., к.т.н. ЛУРЦЕВ В.М.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор ЧАРНКО Д.В.

кандидат технических наук, доцент СТАРОДУБОВ В.С.

Ведущее предприятие – Государственный проектно-технологический и экспериментальный институт "ОРГСТАНКИНПРОМ"

Автореферат разослан "____"_____ 197__ г.

_____1976 г.
ция и механизация про-
ена Трудового Красного
.Э.Баумана по адресу:
ая ул., д. 5.

енные печатью, просим

лиотеке училища.

А.СТЕПАНОВ

л. Тираж 100 экз.
аля 1976г. Заказ 223

М282865

Актуальность проблемы. Одним из перспективных направлений обеспечения опережающих темпов роста производительности труда и качества продукции является автоматизация производственных процессов. Автоматизация мелкосерийного и индивидуального типов производств, выпускающих до 75-80 % всей машиностроительной продукции, осуществляется путем внедрения станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Особенности обработки ступенчатых заготовок малыми партиями, для которых характерна высокая трудоемкость и низкая точность размерной наладки технологической системы несмотря на наладку инструментов на точных оптических приборах вне станка и повышенное рассеяние входных параметров обработки, сужает область эффективного их применения. Одним из перспективных направлений, обеспечивающих повышение точности и производительности в этих условиях является автоматизация размерной наладки.

Цель исследования. Целью данной работы является повышение точности и производительности обработки заготовок малыми партиями на токарных станках с ЧПУ путем автоматизации процесса размерной наладки.

Методы исследования. Поставленные в соответствии с целью исследования задачи решались с применением теоретических методов анализа структуры суммарной погрешности автоматической наладки технологической системы на размер и ее синтеза методом статистических испытаний, экспериментальных методов исследования физической сущности возникновения погрешностей, теории планирования экспериментов для построения математических моделей зависимости величины упругих отжатий от условий обработки.

Научная новизна. Разработан и обоснован новый способ автоматической размерной наладки, предложены методики прогнозирования точности обработки на токарных станках с ЧПУ при его использовании и выбора параметров системы автоматической наладки.

Практическая ценность. Разработанные в работе способ автоматической наладки и рекомендации по его реализации позволяют обеспечить при патронной и центровой токарной обработке выполнение диаметральных размеров по 2-3 классам точности практически независимо от размаха варьирования входных параметров обработки. Применение автоматической наладки при обработке заготовок малыми партиями позволяет в 2 раза повысить производитель-

М282865

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1282865
Климов И.М. Разработка и и

ность труда, что обусловлено существенным уменьшением трудоемкости наладки.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1973-1975 годах на Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение эффективности программного управления", ТашПИ, Ташкент, 1974 год, на IУ Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции "Научные основы автоматизации производственных процессов в машиностроении и приборостроении" МВТУ, Москва, 1975 год, а также и на краткосрочном семинаре "Комплексная механизация и автоматизация механической обработки мелкосерийного производства ЛДНТП, Ленинград, 1975 г.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 127 страницах машинописного текста и содержит введение, пять глав, выводы по главам и общие выводы по работе. Сопровождается 9 таблицами, 62 рисунками и списком литературы из 78 наименований.

В первой главе приводится анализ опубликованных материалов и производственных данных, отражающих развитие и современное состояние вопросов размерной наладки технологической системы.

Исследованию этих вопросов посвящены работы Яхина А.Б., Соколовского А.П., Кована В.М., Балакшина Б.С., Комиссарова В.И., Соломенцева Ю.М. и других советских и зарубежных ученых.

Проведенный анализ показал, что существующие способы наладки, имеют ряд существенных недостатков, при обработке на токарных станках с ЧПУ заготовок небольшими партиями.

Размерная наладка токарных станков по одной детали методом пробных проходов в условиях повышенного рассеяния входных параметров не является целесообразной вследствие низкой точности обработки и значительной затраты времени. Наладка по эталону наряду с низкой точностью размерной наладки существенно повышает себестоимость обработки. Наладка режущих инструментов вне станка и "групповая" размерная наладка существенно уменьшают трудоемкость, но не повышают точность наладки.

Перспективным направлением является автоматизация процесса размерной наладки. Работы, выполненные по применению автома-

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
МВТУ им. Н. Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

тических устройств, управляющих ходом технологической операции механической обработки в большей степени касаются обеспечения подналадки и в меньшей - наладки.

Разработанные к настоящему времени адаптивные системы, наряду с уменьшением случайных и закономерно-изменяющихся погрешностей обработки обеспечивают автоматическую статическую размерную наладку. Несмотря на существенное повышение точности и производительности данный способ автоматической размерной наладки не является универсальным, что затрудняет его практическое использование на станках с ЧПУ.

Известные в настоящее время способы автоматической наладки универсальных и гидрокопировальных токарных станков при обработке заготовок малыми партиями не обеспечивают достаточную точность обработки. Устройства, реализующие эти способы наладки, не являются универсальными и поэтому не приемлемы для станков с ЧПУ.

Разработанная в МВТУ система автоматической наладки (САН) токарных станков с ЧПУ по способу совмещенных продольной (рабочей) и поперечной (подналадочной) подач обеспечивает 2а-3 классы точности практически независимо от входных параметров обработки. При смене типа и размера обрабатываемой зготовки не требуется кинематической и размерной переналадки измерительного устройства системы. Время наладки целиком перекрывается машинным. Все это обусловливает целесообразность использования данного способа при обработке заготовок малыми партиями. Тем не менее данный способ имеет ограниченную область применения, так как его реализация возможна только при обработке достаточно жестких заготовок резцами с зачистной режущей кромкой.

Выполненный анализ показал, что существующие методы и средства размерной наладки технологической системы не обеспечивают возможность обработки заготовок малыми партиями по точности, трудоемкости наладки, универсальности или области применения.

В соответствии с поставленной целью и проведенным анализом решались следующие задачи.

I. Разработать способ автоматической размерной наладки технологической системы, удовлетворяющий условиям обработки заготовок малыми партиями.

2. Спроектировать универсальную систему для выполнения автоматической наладки для обработки деталей диаметром от 20 мм до 120 мм.

3. Выявить составляющие суммарной погрешности предложенного способа автоматической наладки.

4. Определить качественную и количественную зависимости составляющих суммарной погрешности обработки от технологических факторов.

5. Разработать рекомендации по дальнейшему повышению точности автоматической наладки.

В работе рассматривается настройка на диаметральные размеры заготовок обрабатываемых в центрах и в патроне.

Экспериментальные исследования выполнены в лаборатории кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ имени Н.Э.Баумана на станке 16К20ФЗС4 с пультом управления ЭМ-907.

Во второй главе диссертации приводится описание разработанных способа и системы автоматической наладки на размер токарного станка 16К20ФЗС4, структурный анализ факторов, влияющих на точность наладки и расчет составляющих суммарной погрешности обработки.

При разработке способа и устройства автоматической наладки ставилась задача наряду с повышением точности и производительности, обеспечить его универсальность, т.е. возможность обработки деталей различных типоразмеров без переналадки измерительного устройства резцами любой геометрии и при этом максимально использовать технологические возможности управляющей системы. Разработанный способ наладки выполняется в следующей последовательности. В процессе обработки заготовки по программе, после выполнения предпоследнего для данной поверхности перехода, измеряется отклонение фактического размера от требуемого. Затем перед окончательной обработкой осуществляется корректировка положения инструмента на эту величину, после чего настройка считается законченной.

Функциональная блок-схема опытного образца САН, спроектированная автором, для станка 16К20ФЗС4 представлена на рис. 1. Конструкция измерительного устройства 4, по сравнению с ранее выполненными на кафедре, модернизирована, в частности сделана более жесткой. Она приспособлена для управления от перфориро-

ванной ленты. Суммарный сигнал, снимаемый с датчиков, подается в аналогоцифровой преобразователь (АЦП), где преобразуется в импульсный вид с дискретностью 5 мкм. Через блок адресации сигнал рассогласования подается в блок памяти корректора, который закреплен за данной поверхностью. По окончании измерения датчики отводятся в исходное положение. Перед окончательной обработкой поверхности производится опрос корректора и осуществляется корректировка положения инструмента на величину, равную половине измеренной диаметральной погрешности. Для управления перемещением датчиков используется рабочая координата X пульта управления. Возможность такого управления обусловлена тем, что перемещения поперечного суппорта и процесс измерения строго разделены во времени. Информация о величине перемещения поступает на шаговые двигатели ШДХ и ШДу изм через блок переключения каналов управления (БПКУ), работой которого управляет ЧПУ посредством технологических команд. Переключение канала управления на двигатель ШДу изм осуществляется командой М-I8.

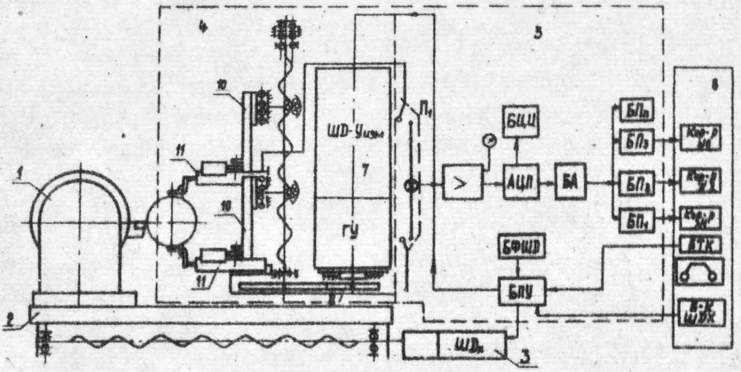


Рис. I

Отмена - командой М-IO. Движение от двигателя ШДу изм через зубчатое зацепление и винтовую пару качения передается каретками датчиков. Винт имеет соответственно правую и левую резьбы, поэтому в зависимости от направления вращения датчики либо сходятся, либо расходятся. Адресация сигнала рассогласования по корректорам осуществляется технологическими командами (МI4-МI9).

Переключение цепи управления X с одного двигателя на другой обусловливает возможность проворота ротора обесточенного двигателя, кроме того, при обратном переключении может нарушиться требуемая последовательность коммутации обмоток двигателя ШДх (или ШДу), что приводит к появлению дополнительной погрешности. Для исключения этой погрешности в конструкции САН предусмотрен блок фиксации двигателей (БФШД), который в момент переключения подает опорное напряжение, фиксирующее угловое положение роторов. Перед измерением суппорт, а после измерения датчики отводятся в исходное положение, в котором ЧПУ обеспечивает постоянное угловое положение ротора двигателя, согласованное с блоком коммутации. При наличии третьей (свободной) координаты в пульте управления она используется для управления двигателем ШДу изм. В этом случае отпадает необходимость в блоках БПКУ и БФШД и измерение осуществляется непосредственно в процессе обработки.

Суммарная погрешность размера при обработке на токарном станке с системой автоматической наладки выражается следующей функциональной зависимостью

$$\Delta_{\Sigma} = f\left(\Sigma\Delta_{н\,сан};\ \Delta_{пф};\ \Delta_{н\,вн};\ \Delta_{ок};\ \Delta_{у};\ \Sigma\Delta_{ф}\right),$$

где $\Sigma\Delta_{н\,сан}$ – погрешность автоматической наладки на размер;

$\Delta_{пф}$ – погрешность обработки, возникающая в результате поворота и фиксации резцовой головки при смене инструмента;

$\Delta_{н\,вн}$ – погрешность наладки инструмента на размер вне станка;

$\Delta_{ок}$ – погрешность, вызываемая неточностью отработки величины коррекции $\Delta_{к}$, "нечувствительностью" системы при смене направления движения $\Delta_{н}$;

$\Delta_{у}$ – погрешность, вызываемая разностью упругих деформаций на смежных переходах,

$$\Sigma\Delta_{н\,сан} = t\sqrt{\lambda_1\Delta^2_{нк} + \lambda_2\Delta^2_{изм}},$$

где $\Delta_{нк}$ – погрешности, обусловленные конструктивными параметрами САН;

$\Delta_{изм}$ – погрешность, вносимая измерительным устройством.

Погрешности $\Delta_{нк} = f\left(\Delta_{к};\ \Delta_{нх};\ \Delta_{д}\right)$, где

$$\Delta_к = \frac{2\Delta_{см}(K_А - K_Б)}{K_А + K_Б}\,; \qquad \Delta_{нх} = (\Delta_{рас} + \Delta_{см}) - L\,;$$

$\Delta_д$ – погрешность, возникающая в процессе преобразования аналогового сигнала в дискретный вид ($\Delta_д$ = 5 мкм);

$\Delta_{рас}$ – величина рассогласования;

$\Delta_{см}$ – относительное смещение измерительного комплекта и оси заготовки в направлении контролируемого размера;

L – величина линейного участка характеристики системы.

Погрешность $\Delta_к$ отсутствует в случае равенства коэффициентов усиления $K_А = K_Б$ в цепи обоих датчиков. Погрешность $\Delta_{нх}$ отсутствует при выполнении условия $L \geq \Delta_{рас} + \Delta_{см}$.

Погрешность, вносимая измерительным устройством $\Delta_{изм} = f(\Delta_{ик}\,;\ \Delta_{нд}\,;\ \Delta_{пд})$, где $\Delta_{ик}$ – погрешность измерения измерительного комплекта, $\Delta_{нд}$ – погрешность размерной наладки измерительного комплекта, $\Delta_{пд}$ – погрешность позиционирования датчика. Составляющая $\Delta_{ик}$ включает погрешность, вызываемую рассеянием показаний датчиков $\Delta_{впд}$, смещением уровня их наладки и динамическую погрешность измерения. Динамическая погрешность измерения обусловлена отрывом штоков датчиков от измеряемой поверхности $\Delta'_{дин}$ и разными амплитудно-фазо-частотными характеристиками (АФЧХ) корпусов обоих датчиков $\Delta''_{дин}$. Критическая частота внешнего воздействия, при котором наступает отрыв штоков, определяется из неравенства

$$\omega = \sqrt{\frac{P_{пр} - m_{пр} a_1 \psi^2}{m_{пр}\, e} + K^2}\,,$$

где K – собственная частота системы;

$m_{пр}$ – приведенная масса подвижных частей;

$P_{пр}$ – приведенная сила.

Погрешность $\Delta_{нд}$ зависит от принятого способа наладки. При наладке по эталону ее величина зависит от точности установки "нуля отсчета" измерительной системы относительно поверхности эталона $\Delta_{рд}$ и от точности его установки или изготовления $\Delta_{эт}$.

Возможное горизонтальное относительное смещение измерительной плоскости и оси вращения заготовки, возникающее при монтаже измерительного комплекта, вызывает дополнительную составляющую погрешности наладки $\Delta_{уст.д}$.

Погрешность перемещения датчиков в измерительную позицию $\Delta_{пз}$ характеризуется полем рассеивания положений измерительного комплекта в конечных положениях $\Delta_{пз}$ и систематическим смещением центра группирования относительно требуемого их положения по программе $\bar{\Delta}_{пз}$. При обработке поверхностей заготовок различного диаметра, когда в широких пределах изменяется величина перемещения измерительного комплекта, погрешность $\bar{\Delta}_{пз}$ изменяется не только по величине, но и по знаку. В связи с тем, что практически невозможно учесть закон ее изменения, целесообразно считать погрешность $\bar{\Delta}_{пз}$ случайной величиной.

Погрешность обработки, обусловленная неточностью поворота и фиксации резцовой головки $\Delta_{пф}$, имеет место, когда между измерением предварительно обработанной поверхности и ее окончательной обработкой предусмотрен поворот резцовой головки. Величина указанной погрешности, когда ось поворота резцовой головки и ось вращения заготовки взаимно-перпендикулярны, определяется из равенства

$$\Delta_{пф} = 2\left[\sin\left(\operatorname{arctg}\frac{W_x}{W_z} + \frac{\Delta\varphi}{2}\right) - \sin\left(\operatorname{arctg}\frac{W_x}{W_z} - \frac{\Delta\varphi}{2}\right)\sqrt{W_x^2 + W_z^2}\right],$$

где W_x, W_z – координатные размеры инструмента в координатной системе резцедержки;

$\Delta\varphi$ – погрешность индексации резцовой головки.

Когда оси параллельны

$$\Delta_{пф} = 2\left[\sqrt{\frac{D^2}{4} + 2DR_n\sin\left(\alpha + \frac{\Delta\varphi}{4}\right)\sin\frac{\Delta\varphi}{4} + 4R_n^2\sin^2\frac{\Delta\varphi}{4}} - \right.$$

$$\left. - \sqrt{\frac{D^2}{4} - 2DR_n\sin\left(\alpha + \frac{\Delta\varphi}{4}\right)\sin\frac{\Delta\varphi}{4} + 4R_n^2\sin^2\frac{\Delta\varphi}{4}}\right],$$

где

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{W_y}{W_x}; \qquad R_n = \sqrt{W_y^2 + W_x^2}.$$

Погрешность наладки инструмента вне станка $\Delta_{ни}$ влияет на точность обработки, когда окончательный и предшествующий ему переходы выполняются разным инструментом. Она обусловлена вариацией измерительного прибора и его позиционирования $\Delta_{изм}$, погрешностью изготовления и сборки установочных элементов рез-

цовой головки $\Delta_{изг}$, погрешностью закрепления режущего инструмента $\Delta_{зак}$.

Составляющая погрешности обработки, вызываемая упругими деформациями технологической системы, определяется из равенства

$$\Delta_y = 2(y_1 - y_2),$$

где y_1, y_2 – величины упругих отжатий соответственно на окончательном и предшествующем ему переходах. Расчет показывает, что величина указанной погрешности может достигать 20-30 % поля допуска деталей 2а класса точности.

Суммарная погрешность обработки деталей при использовании системы автоматической наладки определяется из равенства

$$\Delta_\Sigma = t\sqrt{\lambda_1(\Sigma \Delta_{н\,сан})^2 + \lambda_2 \Delta^2_{пер} + \lambda_3 \Delta^2_{ок} + \lambda_4 \Delta^2_{н\,изм} + \lambda_5 \Delta^2_y} + \Sigma \Delta_\Phi,$$

где $\Sigma \Delta_\Phi$ – суммарная погрешность формы.

В третьей главе изложены результаты экспериментальных исследований, целью которых являлась качественная и количественная оценка отдельных составляющих погрешности обработки и проверка теоретических разработок.

Исследования показали, что вариация показаний датчиков $\Delta_{вар}$ не превышает I,2 мкм. Смещение уровня наладки измерительного комплекта до 27 мкм наблюдается в момент включения САН. По истечении 3-4 сек после включения уровень наладки возвращается в исходное положение и в дальнейшем наблюдаются случайные отклонения, величина которых не превышает 0,8 мкм.

Экспериментальная проверка вариации наладки датчиков на размер показала, что ее значение для всех диапазонов измерения с электронной "доводкой нуля" не превышало 2,- 2 5 мкм.

При установке датчиков по разметочным рискам специального эталона величина горизонтального относительного смещения измерительного комплекта и оси вращения заготовки не превышает 0,85 мм. Расчет по полученным ранее формулам показал, что при такой величине смещения погрешность установки датчиков $\Delta_{уст.д}$ при наладке измерительного комплекта по мерным плиткам достигает I0-I5 мкм при наладке по цилиндрическому эталону указанной погрешностью можно пренебречь.

Исследования динамической составляющей погрешности измерения показали, что амплитуда выходного суммарного синусоидального сиг-

нала возрастает с увеличением скорости вращения шпинделя и радиального биения измеряемой поверхности. Отрыв штоков от измеряемой поверхности не наблюдался во всем диапазоне изменения скорости вращения шпинделя и величине радиального биения до 0,1 мм. Основной причиной появления динамической погрешности является сдвиг по фазе колебаний корпусов верхнего и нижнего датчиков и разная величина амплитуд их колебания. Величины разности амплитуд и сдвига по фазе имеют случайный характер. Величина динамической погрешности измерения в зависимости от скорости вращения шпинделя и величины радиального биения составляет 15-30 мкм.

Исследования показали, что длительность переходного процесса после выхода датчиков в позицию измерения лежит в пределах 0,5-3 сек в зависимости от скорости их перемещения. Величина перемещения датчиков практически не влияет на случайную составляющую, но оказывает влияние на значение и направление систематической составляющей погрешности. Поле погрешности позиционирования исследуемой САН составляет 11 мкм.

Погрешность поворота и фиксации резцовой головки на станке 16К20ФЗС4 не превышает 2 мкм. Систематическая составляющая установки взаимозаменяемого инструмента по позициям резцовой головки колеблется от 0 до 190 мкм, что объясняется неточностью сборки ее опорных элементов. Случайная составляющая погрешности закрепления составляет 6-9 мкм. Погрешность наладки взаимозаменяемого инструмента на оптическом измерительном устройстве не превышает 9 мкм.

Погрешность отработки величины коррекции с учетом возможного реверсирования исполнительного органа не превышает 2-5 мкм.

Экспериментальные исследования погрешности, обусловленной упругими деформациями технологической системы, выполнялись с целью определения ее доли в суммарной погрешности обработки. Величина погрешности определялась в процессе выполнения получистового и чистового переходов.

Для сокращения трудоемкости экспериментальных исследований было применено планирование многофакторного эксперимента. В результате выполненного исследования получены расчетные зависимости упругого отжатия в зависимости от глубины резания, подачи и податливости технологической системы при обработке в патроне, в патроне с поджимом задним центром и на центрах.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования показали, что доминирующими являются погрешности, обусловленные упругими деформациями технологической системы, погрешности наладки инструмента вне станка и динамическая погрешность измерения измерительным комплектом.

В четвертой главе излагаются рекомандации по проектированию, изготовлению и эксплуатации системы автоматической наладки. Датчики, входящие в измерительный комплект, должны иметь одинаковые коэффициенты усиления. Величина линейного участка характеристики датчиков должна быть не менее $\pm 0{,}25$ мм. В измерительном устройстве целесообразно предусмотреть возможность тонкой регулировки положения каждого датчика в направлении контролируемого размера, что облегчает его размерную наладку. Для исключения динамической составляющей погрешности измерения, обусловленной различными АФЧХ корпусов датчиков, целесообразно на входе АЦП предусмотреть конденсатор. В результате, гармонический аналоговый сигнал преобразуется в постоянный.

При обработке заготовок с податливостью $\omega_{max} > 0{,}8$ мкм/кгс, когда существенное влияние на точность обработки оказывают упругие деформации технологической системы, целесообразно изменить описанный ранее способ наладки. В этом случае окончательный переход следует выполнять в два прохода с одинаковой фактической глубиной резания. Для обеспечения равенства фактических глубин резания на обоих проходах перед выполнением окончательного перехода осуществляется измерение обработанной поверхности, по результатам которого определяется разность между фактическим и расчетным значением радиальных припусков. Перед выполнением первого прохода окончательного перехода осуществляется автоматическая корректировка положения инструмента на половину измеренной разности.

После выполнения первого прохода осуществляется повторное измерение обработанной поверхности и окончательная регулировка положения инструмента перед выполнением окончательного (второго) прохода уже на полную величину сигнала рассогласования. Теоретические расчеты и экспериментальная проверка показали, что описанный способ наладки исключает погрешность обработки, обусловленную упругими деформациями технологической системы.

Для исключения погрешности наладки инструмента вне станка необходимо окончательный и предшествующий ему переход (проход) выполнять одним инструментом. В процессе подготовки управляющей программы целесообразно назначать такую последовательность выполнения переходов, чтобы окончательный и предшествующий ему переход выполнялись без поворота резцовой головки, что исключает погрешность $\Delta_{пф}$. Погрешность обработки при использовании САН, с учетом высказанных рекомендаций не превышает 30 мкм. Наряду с повышением точности обработки до 2-3 классов применение САН позволяет упростить процесс подготовки управляющих программ, что обусловлено исключением ряда трудоемких технологических расчетов.

В пятой главе приведен расчет технико-экономической эффективности применения разработанных способа и системы автоматической наладки. При определении экономических показателей предлагаемого способа автоматической наладки рассматривалась обработка группы деталей, включающей три типоразмера деталей по 5 шт. заготовок каждого типоразмера. В базовом варианте размерная наладка технологической системы перед обработкой заготовок каждого типоразмера осуществлялась по одной пробной детали. В сравниваемых вариантах осуществлялась автоматическая размерная наладка без переналадки измерительного устройства при смене типоразмера обрабатываемых заготовок. В первом сравниваемом варианте контроль выполняемого размера осуществлялся непосредственно в процессе резания, во втором - время измерения не перекрывалось машинным временем. Расчет показал, что при обработке деталей партиями по 5 штук трудоемкость механической обработки соответственно уменьшается в 2,24 и 2,2 раза. Себестоимость обработки уменьшается соответственно в 1,53 и в 1,5 раза.

Условный годовой экономический эффект на единицу оборудования соответственно составляет 3056 и 2544 рубля.

Общие выводы

1. Разработанный способ наладки токарных станков с ЧПУ, основанный на контроле предварительно обработанной поверхности с последующей корректировкой положения режущего инструмента перед

ее окончательной обработкой, позволяет либо полностью исключить наладку или существенно уменьшить ее трудоемкость. Первый вариант реализуется в случае наличия трехкоординатной, а второй - двухкоординатной системы управления станком.

2. Разработанная система автоматической наладки исключает влияние большинства технологических факторов на точность выполняемых размеров, но, в свою очередь, вносит дополнительные погрешности, обусловленные конструктивными параметрами и неточностью измерения измерительным устройством. Для их уменьшения:

а) конструкция системы должна обеспечивать равенство коэффициентов усиления цепей обоих датчиков и линейность выходных параметров в пределах изменения размеров контролируемых заготовок не менее $\pm 0{,}25$ мм;

б) наладку измерительного комплекта предпочтительно осуществлять по цилиндрическому эталону;

в) величина смещения измерительной плоскости датчиков относительно оси вращения заготовок не должна превышать $\pm 0{,}5$ мм, что обеспечивается их выверкой по разметочным рискам специального эталона;

г) конструкция САН, в целях исключения доминирующей динамической составляющей погрешности измерения, должна усреднять выходной сигнал, что, в частности, обеспечивается установкой конденсатора на входе аналогоцифрового преобразователя;

д) при подготовке управляющей программы необходимо предусматривать односторонний подвод измерительного комплекта и выдержку 1-3 секунды после его выхода в измерительную позицию.

3. При обработке нежестких заготовок с податливостью более 0,8 мкм/кгс существенное влияние на точность автоматической наладки оказывают упругие деформации технологической системы. Для уменьшения указанной погрешности целесообразно чистовой переход выполнять в 2 прохода, обеспечив на каждом проходе равенство фактических глубин резания.

4. В процессе автоматической наладки на отдельную поверхность окончательный и предшествующий ему переходы должны выполняться одним инструментом, что исключает влияние погрешности на-

ладки инструмента вне станка на точность выполняемых размеров.

5. Разработанные способ и устройство для автоматической размерной наладки технологической системы, с учетом высказанных рекомендаций, позволяют обеспечить при патронной и центровой токарной обработке 2-3 классы точности без переналадки измерительного комплекта при смене типоразмера обрабатываемых заготовок.

6. Выполненные исследования позволяют уменьшить трудоемкость и себестоимость при обработке заготовок малыми партиями в 2,3 раза. Ожидаемый условный годовой экономический эффект на единицу оборудования составляет 3050 рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Бурцев В.М., Климов И.М. Размерная настройка токарных станков с числовым программным управлением при обработке деталей небольшими партиями. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции, ТашПИ, Ташкент, 1974.

2. Корсаков В.С., Бурцев В.М., Климов И.М. Автоматизация процесса размерной настройки токарных станков с числовым программным управлением. Тезисы докладов IУ Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции, МВТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, 1975.

3. Корсаков В.С., Бурцев В.М., Климов И.М. Расширение технологических возможностей токарных станков с ЧПУ путем автоматизации процесса размерной наладки. Материалы к краткосрочному семинару, ЛДНТП, Ленинград, 1975.