

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи
УДК 621.914:658.382.3

ТАРАНЕНКО ГЕОРГИЙ ВИКТОРОВИЧ

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ
ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Специальность 05.26.01 - Охрана труда в машиностроении
05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств
(машиностроение)

А В Т О Р Е Ф Е А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Севастополь

1997

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Севастопольском государственном
техническом университете

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Севриков В.В.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Железняк В.Г.
кандидат технических наук
Плюснин В.А.

Ведущее предприятие - НПП "ИГ" Министерства машиностроения,
военно-промышленного комплекса и
конверсии Украины (г.Севастополь)

Защита диссертации состоится "16" октября 1997 г.
в 15²⁰ часов на заседании специализированного Совета Д. II.03.04
при Севастопольском государственном техническом университете по
адресу: 335000, г.Севастополь, ул.Гоголя, 14, ком.317.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

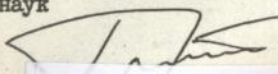
Автореферат разослан "12" сентября 1997 г.

Отзыв в 2-х экземплярах, заверенных гербовой печатью,
направлять в адрес специализированного Совета.

Ученый секретарь специализированного
Совета

кандидат технических наук

доцент


С.А.Гутник

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00737998 (0)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕЙ современного машиностроения является повышение уровня безопасности при выполнении автоматизированных технологических процессов (ТП) и повышение эксплуатационной надежности выпускаемых изделий на основе повышения точности и улучшения качества изготовления деталей за счет повышения уровня автоматизации, внедрения автоматизированных систем проектирования, управления оборудованием и ТП.

Функциональное назначение отдельных деталей - упругое, компенсирующее, виброизоляцияционное исполнение, а также стремление к снижению металлоемкости механизмов и машин обусловили необходимость широкого применения нежестких деталей высокой точности. Нежесткие детали, как правило, могут быть объединены в одну группу по их общему классификационному признаку форме - тела вращения, основными методами обработки которых являются наружное продольное точение и круглое наружное шлифование. От точности исполнения токарной операции зависит выполнение последующих операций и результаты обработки в целом, а в ряде случаев токарные операции являются окончательным видом обработки.

Особенность обработки именно нежестких осесимметричных деталей (НОД) заключается в том, что наряду с достижением заданных параметров точности формы и размеров, качества поверхности, малая собственная жесткость деталей, их относительно низкая жесткость по сравнению с жесткостью узлов станка, наличие в процессе обработки возмущающих и дестабилизирующих процесс обработки факторов (большие собственные упругие деформации, возникновение вибраций, износ инструмента и т.п.) являются причинами, влияющими на безопасные условия функционирования технологической системы (ТС) при точении нежестких валов, вынуждают вести поиск новых методов управления и автоматизированных способов обеспечения в комплексе безопасных условий труда при заданной точности и качестве поверхности обработки деталей.

ИЗДАНИЕ ИМ. В.С. СЕРГЕЕВА
ИИ Учен. Франц.

Наиболее целесообразным направлением решения комплексной задачи повышения эксплуатационной надежности НОД и безопасности их механической обработки является автоматическое управление точностью и безопасностью их формообразования в упругодеформированном состоянии на основании научно обоснованных технологических методов воздействия на заготовку.

ОБЪЕКТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ в диссертации является автоматизированная токарная обработка нежестких осесимметричных деталей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - создание конструкторско-технологических методов и средств автоматического направленного комплексного воздействия и управления упругой ТС для достижения безопасности обработки (БО) и эксплуатационной надежности при получении заданных параметров точности формы и качества поверхности нежестких деталей при точении, базирующихся на комплексных теоретических и экспериментальных исследованиях закономерностей процесса формообразования в условиях упругодеформированного состояния НОД.

Для достижения указанной цели потребовалось решить следующие основные задачи:

- сформировать структуру логических причинно-следственных связей, методологию системного подхода к проектированию ТП обработки НОД с учетом обеспечения и управления безопасностью и точностью автоматизированного производства;
- разработать математическую модель (ММ) безопасного функционирования ТС при создании упругодеформированного состояния детали за счет приложения дополнительных силовых воздействий;
- разработать конструкторско-технологические средства безопасного функционирования ТС при формообразовании поверхности НОД в упругодеформированном состоянии;
- сформировать типовой процесс автоматизированного проектирования ТП для изготовления деталей нежесткие валы и подсистему точных расчетов и моделирования параметров качества для достижения

БО и эксплуатационной надежности НОД.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для решения поставленных задач использовались теоретические положения технологии машиностроения, оптимизации технологических процессов в машиностроении, механики твердого деформируемого тела, математического анализа, теории вероятности, охраны труда и др. Экспериментальные исследования проводились на модернизированных высокоточных станках с использованием специально изготовленных устройств, систем управления и современной контрольно-измерительной аппаратуры.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ЗНАЧИМОСТЬ диссертационной работы заключается в том, что решена задача в области охраны труда и автоматизации ТП в машиностроении повышения безопасности обработки и эксплуатационной надежности изготавливаемых деталей, заключающаяся в создании совокупности конструкторско-технологических методов обеспечения безопасности и точности автоматизированной токарной обработки НОД, которые базируются на раскрытых закономерностях упругодеформированного поведения деталей, математическом описании ТС для получения требуемой точности формы и качества поверхности.

1. Предложена методология системного подхода к решению задачи обеспечения безопасности и точности формообразования НОД и структура причинно-следственных связей при управлении безопасностью и точностью автоматизированного производства НОД.

2. Обоснованы и получены ММ упругих линий НОД при различных технологических способах управления упругодеформированным состоянием нежесткой детали для достижения безопасного функционирования ТС и обеспечения заданных параметров точности и качества поверхности НОД при точении.

3. Разработаны и исследованы конструкторско-технологические методы и средства целенаправленного формирования упругодеформированного состояния для безопасного достижения заданной точности деталей, а также закономерности направленного автоматизированного воз-

действия для управления параметрами шероховатости поверхности.

4. Разработан типовой процесс автоматизированного проектирования ТП изготовления нежестких валов, включающий подсистемы программ точностных расчетов и моделирования шероховатости для обеспечения эксплуатационной надежности нежестких валов, оптимизации параметров нагружения детали, методов базирования и закрепления НОД.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ. Результаты выполненной работы, позволившие получить новые знания о взаимосвязи случайных и систематических факторов, снижающих точность формообразования НОД и приводящих к возникновению ОПФ и ВПФ, при автоматизированной обработке точением использовались:

- в качестве базы при разработке способа и устройств управления безопасностью и точностью формообразования нежестких валов, обеспечивающих безопасное функционирование ТС и повышение точности и эксплуатационной надежности изготавливаемых деталей;

- при разработке пакетов прикладных программ точностных расчетов и моделирования параметров шероховатости поверхности при технологической подготовке и обработке нежестких валов для диалогового программного комплекса;

- при разработке методов базирования и закрепления упругодеформированных нежестких валов, обеспечивающих безопасное функционирование ТС при управлении упругодеформированным состоянием.

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ. Работа выполнена в составе госбюджетных научно-исследовательских работ по Комплексной программе научно-технического прогресса и его социально-экономических последствий на 1991-2010 г. по Украине АН Украины, подраздел "Разработка прогрессивных технологических процессов механической обработки нежестких деталей машин, обеспечивающих повышение их надежности и долговечности"; научных работ "Технологии, машины и производства будущего" (1990-1996 г.г., Гос.заказчик - МинНауки России), "Инжиниринг России" (Постановление Правительства РФ № 332 от 15.04.94). Научные

выводы, рекомендации, методики, пакеты прикладных программ внедрены и использованы: в ГТЦ - инжиниринг Инжинирингсеть (г.Тольятти); АО АВТОВАЗ (г.Тольятти); Институте конструкторско-технологической информатики РАН (г.Москва) с годовым экономическим эффектом от внедрения 13,5 млн.руб. в ценах 1997 г.; Коллективном предприятии "Ареал" (г.Севастополь); Ассоциации "Безопасность жизнедеятельности" (г.Севастополь); в учебный процесс СевГУ при подготовке студентов специальностей 7.092.501, 7.090231, 7.090901, 7.090203; в учебный процесс СамГУ.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 3-й Международной научно-технической конференции "Проблемы экологического мониторинга и охраны труда" (г.Севастополь, 1995 г.); Международной школе-семинаре "Проблемные вопросы автоматизации" (г.Севастополь, 1995 г.); 3-й Украинской конференції з автоматичного керування "Автоматика-96" (г.Севастополь, 1996 г.); 5TH International conference on FLEXIBLE TECHNOLOGIES MMA'94 (Novi Sad, Yugoslavia, 1994 y.); International scientific conference HEAVY MACHINERY HM'96 (Kraljevo, Yugoslavia, 1996 y.); 26TH International conference of PRODUCTION ENGINEERING of Yugoslavia'96 (Podgorica-Budva, Yugoslavia, 1996 y.); Международной научно-технической конференции "Неразъемные соединения в сборке изделий" (Warszawa, Polska, 1996 г.); научных семинарах департамента прикладной экологии и охраны труда СевГУ (г.Севастополь, 1994 - 1997 гг.); научно-техническом семинаре департамента ПЭОТ СевГУ (1997 г.); объединенном научно-техническом семинаре департаментов ПЭОТ и АТПП СевГУ (г.Севастополь, 1997 г.).

ПУБЛИКАЦИИ. По теме диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ. Работа состоит из введения, четырех разделов, основных выводов, изложенных на 125 страницах машинописного текста, содержит 40 рисунков, 20 таблиц и список ис-

пользованных источников из I2I наименования, II приложений. Общий объем работы 227 страниц.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Методология системного подхода обеспечения безопасности и точности формообразования НОД.

2. ММ безопасного функционирования ТС для обеспечения заданных параметров точности формы и качества поверхности при точении нежестких деталей.

3. Технологический способ управления безопасностью и точностью формообразования НОД, технологические методы обеспечения БО на этапе подготовки производства.

4. Конструкторские средства обеспечения безопасности формообразования упругодеформированных НОД.

5. Алгоритмы и программы подсистемы точностных расчетов и моделирования параметров шероховатости для обеспечения эксплуатационной надежности изготавливаемых нежестких деталей.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ содержит изложение в краткой форме актуальности исследования, научной новизны, практической значимости диссертационной работы, перечень задач, решаемых в диссертации, и основных положений, выносимых на защиту.

В первом разделе "СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ" на основе аналитического обзора формулируются задачи исследования. В разделе дается общая характеристика нежестких деталей, а также характеристики и особенности ТП обработки деталей типа НОД. Единственным и окончательным методом обработки, представленных в работе НОД, является наружное продольное точение. На основе анализа результатов исследования погрешностей обработки нежестких валов на операциях точения выявлено, что доминирующая погрешность обусловлена колебанием размера динамической настройки станка, определяемая, в основном, упругими деформациями ТС из-за упругих отжатий

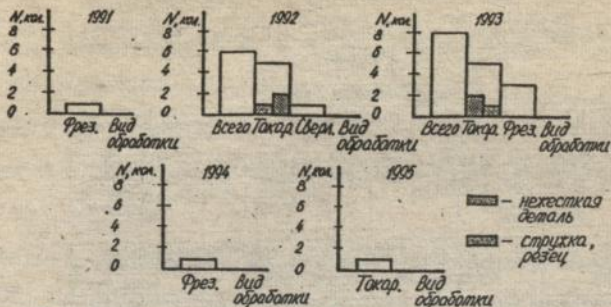


Рис. 1. Гистограммы травматизма при механической обработке на станках в ПО Севморзавод им. С.Орджоникидзе

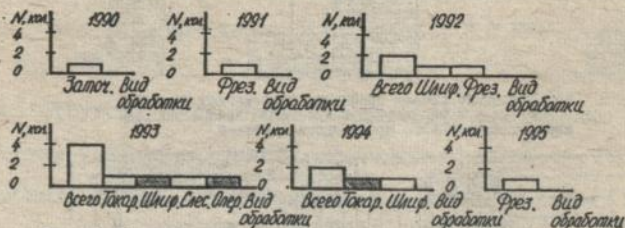


Рис. 2. Гистограммы травматизма при механической обработке на станках предприятия "Фиолент" г.Симферополь

Данные по травматизму
ПО Севморзавод
им.Орджоникидзе Таблица 1.

Операция	Год					Σ N шт.
	1991	1992	1993	1994	1995	
Фрезерная №1	1	3	1	5	1	11
	40	35	30	20	5	26
Токарная №2	-	6	5	-	1	11
	150	130	100	70	40	98
Сверлильная №3	-	1	-	-	1	1
	50	45	40	20	15	34

Данные по травматизму
предприятия "Фиолент"
г.Симферополь Таблица 2.

Операция	Год					Σ N шт.
	1991	1992	1993	1994	1995	
Фрезерная №1	1	1	-	1	3	6
	37	32	25	20	7	242
Шлифовальная №2	-	1	1	-	3	5
	30	28	23	15	10	213
Токарная №3	-	2	1	-	3	6
	100	92	80	65	30	254
Слесарная №4	-	-	-	-	1	1
	20	18	15	10	6	69

детали, отличающейся малой жесткостью. Одновременно был проведен анализ статистических данных производственного травматизма (ПТ) при работе на металлорежущих станках предприятий различных отраслей промышленности за последние 5-6 лет с помощью двух методик, позволяющих дать абсолютную и относительную оценку уровня ПТ и безопасности металлообработки на различных операциях. Ограниченный объем и глубина проведенных исследований объясняется тем, что имеющиеся статистические данные 10-15 - ти летней давности не соответствует условиям автоматизированного производства, а также связано с резким сокращением объемов производства за последние 5 лет. На рис.1

обработки, имеют одну и ту же природу и неразрывно связаны между собой. Поэтому вопросы обеспечения безопасности и точности формообразования НОД должны рассматриваться в комплексе, учитывая по возможности всю совокупность факторов, оказывающих влияние как на точность, так и на безопасность.

Вопросы обеспечения безопасности обработки деталей, в том числе и НОД, базируются на теории управления точностью формообразования деталей, которой посвящено значительное количество фундаментальных работ Б.С.Балакшина, Б.М.Базрова, В.С.Корсакова, В.Н.Подураева, В.Г.Подпоркина, В.Г.Митрофанова, Ю.М.Соломенцева и др. В то же время отсутствуют целевые исследования по повышению безопасности и улучшению условий труда при механической обработке НОД и обработке подобных деталей в упругодеформированном состоянии. Вопросам эксплуатационной надежности изготавливаемых изделий и технологического оборудования посвящены работы А.М.Дальского, А.С.Проникова, Д.Н.Решетова, П.И.Ящерицына и др.

На основе проведенного аналитического обзора сформулированы цель и задачи диссертационной работы, указанные выше.

Во втором разделе "ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ" получены мм безопасной обработки упругодеформированных нежестких валов в установившихся режимах.

Аналитические расчеты, экспериментальные исследования и сравнительный анализ показали, что наиболее эффективными являются технологические методы воздействия, основанные на управлении положением или формой упругой оси нежесткой заготовки непосредственно в процессе обработки. На основании законов механики твердого деформируемого тела и положений теории управления получено теоретическое обоснование законов управления безопасностью и точностью при формообразовании нежестких валов в упругодеформированном состоянии при

точении в условиях продольно-поперечного изгиба. В работе представлены ММ в виде описаний упругой линии нежестких валов при продольно-поперечном изгибе с приложением центральных и внецентренных растягивающих сил, последние из которых создают два управляющих воздействия: продольную силу P_{x1} и изгибающий момент $M = P_{x1} \cdot e$, направленный в сторону компенсации деформаций от сил и моментов резания.

Управление упругодеформированным состоянием при использовании в качестве управляющих воздействий растягивающей силы P_{x1} и эксцентриситета e привело к следующей постановке задачи оптимизации: определить величину растягивающей силы P_{x1} и эксцентриситета e как функцию от параметров детали L и d , составляющих сил резания P_x, P_y, P_z , а следовательно, и режимов резания V, S, t , расстояния a от места крепления и текущей координаты X , минимизирующих прогиб детали

$$y = \min_{P_{x1}, e} \varphi(d, L, P_{изг}, P_x, V, S, t, P_{x1}, e, a, X), \quad (1)$$

где функция y построена на основании аналитических соотношений, полученных в работе. Значения составляющих сил резания P_x^*, P_y, P_z определяются технологическими условиями, то есть режимами и геометрией резания.

Технологические ограничения U_i , накладываемые на варьируемый параметр P_{x1} , определяются конструктивными ограничениями технологического оборудования (ТО), безопасными условиями эксплуатации ТО ($P_{x1 \max}$ ограничивается условиями заклинивания подшипников шпиндельной группы станка, $P_{x1 \max} = 2000$ Н), допустимыми напряжениями растяжения и т.п.

$$\begin{aligned} a \in \{0, L\}, \quad X \in \{0, L\}, \quad e \in \{0, 2d\} \\ P_{x1} \in \mathcal{E} = \{(P_{x1}); q_i(P_{x1}) \leq U_i, U_i \geq 0, i = \overline{1, n}\}, \quad (2) \\ P_{x1} \leq K_p \cdot P_{x1.p} = K_p \cdot [S_{н.р} \cdot T \cdot F_p \end{aligned}$$

где $P_{x1.p}$ - усилие растяжения, определяемое пределом прочности материала; $S_{н.р}$ - допустимое напряжения растяжения; K_p - коэффициент запаса прочности; F_p - наименьшее значение площади попереч-

ного сечения заготовки при максимальном растягивающем усилии. Так как наиболее существенное влияние на безопасность и точность обработки нежестких валов оказывает величина прогиба непосредственно под инструментом, соотношения (1) и (2) необходимо дополнить ограничением

$$a = L - \chi \quad (3)$$

Для определения оптимальных параметров нагружения $P_{\chi 1}$ и ϵ с учетом (2) и (3) были использованы как метод сеток, так и, в силу уни-modalности функции отклика, градиентные методы.

Разработан способ механической обработки нежестких валов, который обеспечивает повышение точности и безопасности обработки за счет стабилизации упругих деформаций путем изменения осевого растягивающего усилия, приложенного к детали со стороны задней бабки, через механизм натяжения, создаваемого электродвигательным устройством. При этом предотвращается возникновение недопустимых динамических усилий, обеспечивается создание и стабилизация начального растягивающего усилия, достигается высокое быстроедействие при обработке возмущающих воздействий.

Разработаны схемы базирования и закрепления НОД в упругодеформированном состоянии с использованием искусственных технологических баз с кинематическим и силовым замыканием, что повышает надежность зажима, исключает смещение поверхностей детали и зажимного механизма в процессе обработки, снижает вероятность вырыва заготовки из зажимного устройства, что в свою очередь, повышает безопасность обработки. Основное условие безопасности при закреплении заготовки в трехлапчатом патроне и в цанговом зажимном механизме со значительной базой зажима при наличии осевой растягивающей силы имеет вид

$$T_{\delta} \leq K_3 \cdot T_{\text{зах}} = K_3 \left(\frac{2 \cdot M_{\text{рез}}}{3 \cdot f \cdot d} + \frac{P_{\chi 1}}{3 \cdot f} \right); T_{\Sigma \delta} \leq K_3 \cdot T_{\Sigma} = K_3 \left(\frac{1}{\mu} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot M_{\text{рез}}}{d} \right)^2 + P_{\chi 1}^2} \right),$$
 где $T_{\text{зах}}$, T_{Σ} - радиальные силы зажима; K_3 - коэффициент запаса ($K_3 = 1,5 - 8$); $M_{\text{рез}}$ - момент силы резания; f - коэффициент трения; μ - коэффициент сцепления между губками цанги и заготовкой.

Приведены расчеты показателей, которые характеризуют различные схемы базирования и закрепления, а также проведена оптимизация себестоимости подготовки технологических баз. Учет перечисленных показателей при выборе рационального метода закрепления детали в упругодеформированном состоянии в условиях продольно-поперечного изгиба осуществляется на стадии технологической подготовки производства с помощью разработанной прикладной подпрограммы САПР ТП.

В третьем разделе "МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР БЕЗОПАСНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ УПРУГОДЕФОРМИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ" получены ММ характеристик качества поверхности при механической обработке деталей.

Поскольку параметры качества поверхности обработанной детали носят вероятностный характер, сравнительный анализ результатов исследований проведен с использованием аппарата математической статистики. При проведении статистических оценок использованы приемы непараметрической статистики, особенность которой - принятие статистических решений, неаппроксимируя к известным законам распределения. Законы распределения не отыскивались, распределения оценены гистограммами результатов моделирования. Оценка точности и надежности результатов моделирования вследствие ограниченности объемов этих результатов дана с использованием доверительных пределов $\epsilon_{\beta}(\gamma)$ и доверительных интервалов $J_{\beta}(\gamma)$ при выбранной доверительной вероятности $\beta = 0,9$. Микрорельеф поверхности моделируется наложением к вычисленным ранее массивам упругих перемещений $\{U_i\}$ (раздел 2) детали профиля вершины инструмента в плане, который описывается дугой радиуса r .

Учитывая вероятностный характер параметров микро- и макронеурностей параметры профиля описаны усредненными величинами с добавлением их возможных превышений. Параметр R_a соответствует среднему значению неровностей, для оценки его случайных отклонений приемлем критерий Стьюдента t_{β} . Параметр R_{max} определяется с использовани-

ем крайних значений статистического ряда неровностей и оценен с помощью критерия Ирвина \mathcal{L}_B . Отклонения средних и крайних высот ординат относительно их средних значений не превышает их более чем на 25%. Допущение 25% погрешности прогноза позволяет применить для моделирования параметров шероховатости детерминированный подход, то есть свести до минимума учет технологических факторов, обуславливающих появление случайной составляющей профиля неровностей, что подтверждается экспериментально. Проведенные экспериментальные исследования влияния технологических факторов: сил резания, физико-механических свойств материала заготовки, стойкости инструмента на величину упругих деформаций НОД, точность обработки и условия безопасной эксплуатации оборудования позволили сформулировать условие

$$P_y \leq P_{y \text{ табл.}} \cdot K_{\text{рез}} \cdot [1 + 0,6 \left[\frac{t_p}{T} \right]^{1,6}] ,$$

где P_y - экспериментальное значение составляющей силы резания P_y ; t_p - время работы резца; T - период стойкости резца; $P_{y \text{ табл.}}$ - табличное значение силы резания, прогнозируемое при выбранных режимах резания и материале режущей части инструмента; $K_{\text{рез}}$ - коэффициент, учитывающий изменение твердости заготовки, НВ.

Полученные ММ формирования параметров шероховатости использованы в модулях пакетов САПР и при разработке и оптимизации технологии токарной обработки деталей. Модели минимизированы и приведены к использованию на ПЭВМ, позволяют наряду с прямой задачей - оценки применимости одного из способов обработки упругодеформированных нежестких валов, решить обратную задачу - по параметрам качества поверхности выбрать оптимальную технологию.

Результаты численного моделирования и экспериментальные исследования характеристик шероховатости при точении с управлением упругодеформированным состоянием при центральном растяжении для деталей $d \leq 6$ мм и $\frac{L}{d} \leq 20$ указывают на уменьшение параметра R_a в среднем 2-7 раз, а R_z в 1,3-5 раз по сравнению с обычным точением при прочих равных условиях. Для деталей $d = 6$ мм точение нежест-

ких валов в упругодеформированном состоянии при внецентренном растяжении позволяет уменьшить параметр R_a в 2-6 раз, а R_z в 2-4,5 раза по сравнению с обычным точением. Это позволяет повысить эксплуатационную надежность изготавливаемых деталей и обеспечить безаварийные режимы эксплуатации ТУ. Одновременно следует отметить, что известный метод стабилизации упругих перемещений путем изменения величины продольной подачи по длине обработки, позволяет достичь теоретически заданную точность и характеристики шероховатости, но при существенном снижении производительности. Результаты экспериментальных исследований подтверждают аналитические расчеты на моделях, при этом расхождение в среднем не превышает 40%, что соответствует ГОСТ 2789-73. Расхождение результатов объясняется принятыми в моделях допущениями и погрешностями измерений особенно при оценке параметров шероховатости.

В четвертом разделе "ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ" разработаны и исследованы технологические и конструкторские средства управления безопасностью при точении жестких валов с регулированием упругодеформированного состояния обрабатываемых деталей посредством целенаправленного изменения растягивающего усилия, включающие принципиальные схемы устройств автоматического управления точностью и безопасностью на базе микропроцессорной техники; датчики для измерения упругих перемещений и растягивающего усилия; блок выделения модуля упругих перемещений; конструкции задних бабок станков для центрального растяжения с пневматическим и электрическим приводами. Конструкторские решения лимитируются условиями безопасности их эксплуатации по фактору эксплуатационно-прочностной надежности отдельных элементов конструкции. Для задней бабки с электроприводом трос натяжения, передающий растягивающее усилие от электродвигателя к детали, является слабым звеном в конструкции и для него справедливо выражение

$$P_{\text{к1}} \leq K_{\text{тр.}} \cdot P_{\text{проч.}} = K_{\text{тр.}} \cdot [\sigma_p] \cdot S_{\text{тр}}$$

где $K_{\text{тр.}}$ - коэффициент запаса ($K_{\text{тр.}} = 2,5-3$ для канатов и тросов тяговых и подъемных механизмов); $P_{\text{проч.}}$ - сила разрыва троса; $[\sigma_p]$ - предельное напряжение; $S_{\text{тр.}}$ - площадь поперечного сечения троса.

Разработаны практические рекомендации по использованию системы адаптивного управления процессом обработки НОД, включающей самоцентрирующиеся упругие опоры и опоры-демпферы, принципиальную схему системы управления. Использование разработанного технологического метода позволяет, наряду с повышением точностных показателей обработки, повысить эксплуатационные характеристики обрабатываемой детали, что способствует повышению эксплуатационной надежности и уменьшению вероятности возникновения аварийных ситуаций, а также повысить устойчивость протекания ТП в целом. Применение программных модулей позволяет рассчитать и прогнозировать точностные, качественные характеристики ТП обработки НОД и, как следствие, эксплуатационные свойства и надежность изготовленных деталей узлов и машин, выбрать соответствующую оснастку и приспособления. Использование разработанного методического обеспечения, алгоритмов и программ повышает эффективность проектирования за счет улучшения качества проектных решений, повышения производительности.

Разработанные практические рекомендации, конструкции устройств, систем адаптивного и автоматического управления, технологической оснастки внедрены и приняты к использованию в КП "Ареал", АО АВТОВАЗ, ГцГ-инжиниринг Инжинирингсеть России, ИКТИ РАН, Ассоциации "Безопасность жизнедеятельности", НИИ Проблем Надежности Механических Систем РФ. Экономический эффект согласно актам внедрения составляет 13,5 млн.руб. в ценах 1997 г.

Результаты исследований и практические рекомендации также внедрены в учебный процесс в Севастопольском государственном техническом и Самарском государственном техническом университетах.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате выполненных комплексных исследований и разработок решена важная задача в области охраны труда и автоматизации производственных процессов в машиностроении, заключающаяся в создании совокупности конструкторско-технологических методов обеспечения безопасности и точности автоматизированной токарной обработки НОД, которые базируются на раскрытых закономерностях упругодеформированного поведения деталей, математическом описании ТС для безопасного получения требуемой точности формы и качества поверхности.

2. Критическое рассмотрение современного состояния задачи обеспечения безопасности металлообработки нежестких деталей показало, что теоретические методы оценки, прогнозирования и управления безопасностью должны формулироваться на базе комплексного учета различных факторов ТП, влияющих на точность и БУ. Рассмотрен метод изучения публикаций, основанный на использовании таблиц анализа. Системный подход к решению задачи обеспечения безопасности, предложенная структура логических связей и иерархические уровни причинно-следственных связей обеспечения и управления точностью и безопасностью автоматизированного производства подобных деталей показали, что причины, приводящие к возникновению ОПФ и ВПФ, и факторы, оказывающие доминирующее влияние на точность обработки, имеют одну и ту же природу и неразрывно связаны между собой. Поэтому вопросы обеспечения безопасности и точности формообразования НОД должны рассматриваться в комплексе, учитывая, по возможности, всю совокупность факторов, оказывающих влияние на точность и безопасность.

3. Технологическое обеспечение и управление точностью формы, качеством поверхности, эксплуатационной надежностью и безаварийной работой изготовленных НОД должны базироваться на разработанном математическом описании процесса формообразования деталей, основанном на изучении реального взаимодействия детали и инструмента для случая нагружения растягивающей силой с использованием общесистемных принципов, включающих в себя разработку структуры ММ, выбор численных методов и алгоритмов решения. Выявленные связи упругодеформированного состояния детали с технологическими параметрами процесса, показателями точности, качества и эксплуатационной надежности воплощены в новом способе механической обработки.

4. Анализ причинно-следственных связей возникновения ОПФ и технологических параметров, обеспечивающих надежное закрепление упругодеформированных валов в процессе обработки точением позволили выявить сочетание показателей, которые учитываются при выборе схем базирования и закрепления нежестких валов, при этом помимо силово-

го должно осуществляться кинематическое замыкание при закреплении. Учет перечисленных показателей и оптимизация себестоимости подготовки технологических баз на стадии технологической подготовки производства позволяет оптимизировать технологию обработки НОД, перейти к технологически ориентированному конструированию, обеспечить достижение заданных параметров точности формы и качества поверхности при сохранении требуемого уровня БО и исключить причины возникновения ОПФ и ПТ обслуживающего персонала.

5. ММ, положенная в основу технологического метода автоматизированного управления качеством поверхности, получена на основании схемы наложения на массив упругих перемещений детали в ТС профиля вершины инструмента в плане. Разработанная методика моделирования параметров шероховатости позволяет решить серию прикладных задач оптимизации технологии точения нежестких валов, прогнозировать качество поверхности и эксплуатационную надежность деталей. Оценка статистической значимости результатов, полученных при использовании различных технологических методов управления точностью и БО проведена с применением аппарата непараметрической статистики. Представление о точности, надежности оценок и конкурентноспособности различных способов управления дано с использованием доверительных пределов и доверительных интервалов. ММ позволяет наряду с прямой задачей - оценки применимости одного из способов обработки упругодеформированных нежестких валов, решить обратную задачу - по заданным параметрам качества поверхности выбрать оптимальную технологию, то есть технологически обеспечивать заданную эксплуатационную надежность и, как следствие, безаварийную работу изготовленных деталей узлов и машин.

6. Для обеспечения безопасной автоматизированной обработки НОД в упругодеформированном состоянии разработаны и исследованы принципиальные схемы устройств и систем автоматического и адаптивного управления, конструкции задних бабок токарных станков, схемы рационального расположения упругих опор и опор-демпферов.

7. При автоматизированном проектировании ТП безопасной обработки нежестких валов рекомендуется применять разработанный диалоговый программный модуль, позволяющий прогнозировать точностные, качественные характеристики процесса обработки, эксплуатационные свойства, надежность и безаварийную работу изготовленных деталей и повышающий эффективность проектирования за счет улучшения качества проектных решений и повышения производительности.

8. Практическая реализация разработанных алгоритмов, систем и устройств автоматического управления, конструкторско-технологичес-

ких методов управления позволила существенно повысить эффективность и степень автоматизации ТП безопасной обработки нежестких валов. Достоверность основных положений и выводов, полученных в диссертационной работе, подтверждена опытом проектирования, результатами практической реализации и экспериментальных исследований конструктивно-технологических методов обеспечения БО.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Тараненко В.А., Тараненко Г.В. Прогнозирование точности механической обработки деталей в условиях автоматизированного производства // 5TH International conference on FLEXIBLE TECHNOLOGIES MMA '94, Novi Sad, 8-9 jun 1994, ZBORNIK RADOVA II, Yugoslavia, p. 699-709.

2. Косатенко Н.Е., Тараненко Г.В. Автоматизированное устройство для обработки нежестких валов с растяжением // Совершенствование систем и технологий: Научн.-техн. сб. - Севастополь: Севаст.отд. ассоциации Alliance Francaise, 1996. - С.29-32.

3. Палагнюк Г.Г., Тараненко Г.В., Тараненко В.А., Драчев О.И. Автоматическое управление процессом обработки нежестких осесимметричных деталей // Совершенствование систем и технологий: научн.-техн. сб. - Севастополь: Севаст. отд. ассоциации Alliance Francaise, 1996. - С.40-51.

4. Тараненко Г.В., Тараненко В.А., Севриков В.В. Исследование влияния технологических факторов на точность и условия безопасности механической обработки нежестких валов // Совершенствование систем и технологий: Научн.-техн. сб. - Севастополь: Севаст. отд. ассоциации Alliance Francaise, 1996. - С.60-66.

5. Тараненко Г.В. Технологические методы управления уровнем безопасности металлообработки нежестких осесимметричных деталей // 3-я Украинская конференция по автоматическому управлению "Автоматика - 96". Том 3. - Севастополь: СевГУ, 1996. - С.55 - 56.

6. Тараненко Г.В., Тараненко В.А. Технологические методы повышения безопасности металлообработки нежестких осесимметричных деталей на этапе подготовки производства // 26TH International conference of PRODUCTION ENGINEERING of Yugoslavia '96, Podgorica - Budva, 19-20 september 1996, Yugoslavia. p. - 1087 - 1093

7. Тараненко В.А., Драчев О.И., Тараненко Г.В., Бойко В.Б. Адаптивное управление точностью формообразования нежестких осесимметричных деталей // International scientific conference HEAVY MACHINERY HM '96, Kraljevo 28-30 June 1996, Yugoslavia. p. 4.86-4.91

8. Тараненко Г.В., Тараненко В.А. Точность и безопасность металлообработки нежестких валов с позиций системного анализа //

International scientific conference HEAVY MACHINERY HM'96,
Kraljevo 28-30 June 1996, Yugoslavia. p. 4.111 - 4.116.

9. Тараненко Г.В., Тараненко В.А. Математическое моделирование технологических методов управления точностью и безопасностью обработки нежестких деталей // Совершенствование систем и технологий : Научн.- техн. сб. - Севастополь: Севаст. отд. ассоциации Alliance Francaise, 1997. - С.44 - 54.

10. Тараненко В.А., Тараненко Г.В. Предпосылки построения САПР технологических процессов механической обработки нежестких деталей // Оптимизация производственных процессов: Научн. - техн. сб. - Севастополь: Севаст. отд. ассоциации Alliance Francaise, 1994. - Вып.2. - С.124 - 129.

11. Тараненко Г.В., Тараненко В.А. Точность и безопасность автоматизированной металлообработки нежестких валов с позиции системного анализа // Автоматизация процессов и управления : Вестник СевГУ. - Севастополь: СевГУ, 1997. - Вып.8. - С.

12. Тараненко Г.В. Статистический анализ производственного травматизма при металлообработке // Энергетика. Механика. Экология.: Вестник СевГУ. - Севастополь: СевГУ, 1997.- Вып.6. - С.

13. Тараненко Г.В., Косатенко Н.Е., Тараненко В.А. Технологическое обеспечение надежности и безопасной эксплуатации деталей машин // Оптимизация производственных процессов: Научн.-техн. сб. - Севастополь: Севаст.отд.ассоциации Alliance Francaise, 1997. - Вып.5. - С.6 - 13.

14. Абакумов А.М., Тараненко В.А., Тараненко Г.В. Способ механической обработки нежестких осесимметричных деталей и устройство для его реализации. МКИ В23В 1/00, В23Q 15/00. Заявка на патент РФ № 96109283 от 22.05.96.

15. Тараненко Г.В. Повышение уровня безопасности механической обработки деталей типа тел вращения // Проблемы экологического мониторинга и охраны труда: 3-я Международная научн.-техн.конф. - Севастополь: 1995. - С.

16. G.W.Taranienko. Hierarchiczne poziomy zwiazkow przyczynowo - skutkowych przy sterowaniu dokladnoscia i bezpieczenstwem zautomatyzowanej produkcji czesci // Technologia i automatyzacja montozы: Kwartalnic naukowo-techniczny. - Tekoma, Warszawa. - Nr 2(16), 1997. - s. 30-34.

Handwritten signature

19.3.96

Тараненко Г.В. Конструкторсько-технологічне забезпечення безпеки автоматизованої токарної обробки нежорстких осесиметричних деталей.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальностям 05.26.01 - охорона праці в машинобудуванні і 05.13.07 - автоматизація технологічних процесів та виробництв. Севастопольский Державний технічний університет. Севастополь, 1997.

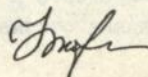
Захищається рукопис на базі 16 робіт, який містять результати досліджень проблеми створення конструкторсько-технологічних методів і засобів автоматичної направленої комплексної дії і управління пружною технологічною системою для досягнення безпеки обробки і експлуатаційної надійності при одержанні заданих параметрів точності форм і якості поверхності нежорстких деталей при точенні, які базуються на комплексних теоретичних і експериментальних дослідженнях закономірностей процесу формоутворення в умовах пружно-деформованого стану нежорстких осесиметричних деталей.

Ключеві слова: автоматизована токарна обробка, безпека обробки, пружні деформації, пружно-деформована стан.

Taranenko G.V. Design-technological provision of safety of automated turning of non-rigid axis-symmetrical parts.

Thesis for obtaining scientific degree of the candidate of technical sciences on specialities - 05.26.01 - labour control in machine construction and 05.13.07 - automatization of technological processes and manufacturing. Sevastopol State Technical University. Sevastopol, 1997.

The manuscript is defended which is based on 16 articles and contains the results of the problem research of creating design - technological methods and means of automatically oriented complex acting and controlling of elastic technological system for reaching treatment safety and service reliability while obtaining the given parameters of forms precision and surface quality of non-rigid parts during turning based on complex theoretical and experimental investigations of the laws of formation process under conditions of elastic-deformed state of non-rigid axis-symmetrical parts.



AB 38.10

433912

