

На правах рукописи

ВЬЮШИН Роман Вячеславович



**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ И
ТОЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ С УЧЕТОМ
МАЛОАМПЛИТУДНОГО ТРЕНИЯ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ В
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМАХ СТАНКА С ЧПУ**

Специальность: 05.02.08 – Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель:

Максаров Вячеслав Викторович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Машиностроения» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

Официальные оппоненты:

Петров Владимир Маркович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Механика» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Помпеев Кирилл Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология приборостроения» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки в Санкт-Петербурге «Институт проблем машиноведения Российской Академии наук».

Защита диссертации состоится 26 декабря 2017 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.30 при ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» по адресу 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29, лабораторно-аудиторный корпус, аудитория кафедры «ТКМ и М».

Отзыв на автореферат в двух экземплярах (заверенных печатью) просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО СПбПУ Петра Великого и на сайте www.spbstu.ru.

Телефон для справок 8(812) 552-95-30.

Автореферат разослан «___» ____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, профессор



ПЕТКОВА
Ани Петрова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Детали типа валов и осей являются одними из наиболее нагруженных деталей машин и механизмов и применяются во всех отраслях машиностроения. Исходя из условия прочности целесообразно конструировать валы переменного сечения, приближающиеся по форме к телам равного сопротивления. Ступенчатая форма удобна для изготовления и сборки, уступы могут воспринимать большие осевые силы.

При изготовлении валов, для обеспечения надежности подшипников, снижения вибраций и изгибающих напряжений предъявляются высокие требования к точности размеров ($h_6...h_8$), геометрической форме, взаимному расположению отдельных поверхностей и шероховатости поверхности ($0,40...1,25$ мкм). Для изготовления высоконагруженных валов используют легированные многокомпонентные стали: 40ХН, 40ХН2МА, 40ХНТА, 30ХГТ, 30ХГСА. Валы из этих сталей обычно подвергают закалке с высоким отпуском или поверхностной закалке ТВЧ с низким отпуском.

Наиболее трудоемкими считаются ступенчатые валы, для установки быстрходных конических валов применяются радиально-упорные подшипники, вследствие чего предъявляются высокие требования к качеству и точности уступов вала. Технологические переходы при изготовлении ступенчатых валов характерны высокой концентрацией переходных процессов, при которых происходит изменение режимных параметров обработки, направления движения инструмента, осуществляемого одновременно приводами продольных и поперечных подач. Точность обработки валов ступенчатых поверхностей на станках с ЧПУ характеризуется дополнительными специфическими проявлениями: точностью линейного позиционирования рабочих органов, величиной зоны нечувствительности, отставанием при смене направления движения, точностью возврата, стабильностью выхода в заданную точку, а также режимом интерполяции в условиях переходных процессов.

Отличительной чертой обработки в условиях переходных режимов является резание с переменной величиной нагрузки в сечении срезаемого слоя, что приводит к изменению сил резания, появлению вибраций, увеличению шероховатости поверхностного слоя и уменьшению точности размеров, усиленному износу режущей поверхности инструмента. Это в свою очередь снижает стойкость инструмента и способствует появлению зазоров и люфтов в технологической системе.

Важнейшим условием получения высокого качества обрабатываемой поверхности является обеспечение устойчивости процесса резания. На развитие автоколебательного процесса в технологической системе механической обработки (ТСМО) в том числе оказывают влияние процессы малоамплитудного трения в суппортной группе станка, особенно это актуально на переходных режимах обработки.

К вопросам технологического обеспечения шероховатости и точности поверхностей деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ уже подходили со стороны прогнозирования износа режущего инструмента, термических процессов, упругих деформаций заготовки в процессе обработки. Однако при изготовлении ступенчатых валов, в которых предъявляются высокие требования к точности и шероховатости поверхностей одновременно торца и шеек вала (например, вал-шестерня) важно учитывать изменение динамических свойств ТСМО на участках переходных процессов.

Реализация алгоритмов построения исполнительного кода системы ЧПУ в САМ-системах, учитывающих изменение устойчивости технологической системы на участках смены направления движения инструмента и областях разгона - торможения, обеспечивающих "устойчивые" режимные параметры обработки на всем технологическом переходе, обеспечит требуемые параметры качества и точности изготавливаемых поверхностей, позволит заменить операцию шлифования финишной токарной обработкой на станке с ЧПУ, тем самым повысит производительность, снизит удельные затраты на деталь, снизит влияние человеческого фактора, повысит эксплуатационные характеристики вала отсутствием канавок для выхода шлифовального круга.

Объектом исследования является обеспечение параметров точности формы и шероховатости поверхности ступенчатых деталей типа «тел вращения».

Предметом исследования является шероховатость поверхностного слоя и точность формы ступенчатых поверхностей деталей типа «тел вращения».

Цель работы заключается в технологическом обеспечении параметров точности и шероховатости поверхности ступенчатых валов на основе реализации алгоритмов создания исполнительного кода ЧПУ с учетом изменения устойчивости технологической системы на переходных режимах и процессов малоамплитудного трения в направляющих токарного станка при чистовой обработке.

Методы исследования работы основываются на основных теоретических положениях технологии машиностроения, теории резания однолезвийным инструментом металлов, теории автоколебаний, трибоники. Проведение экспериментальных исследований осуществлялось с применением современных средств компьютерного моделирования LabVIEW 2016, использованием высокоточных приборов VibxpertEx и MMQ 400 CNC.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций в диссертационной работе обеспечиваются: точными физико–математическими постановками задач и методов их решения; применением в исследовательской части работы современных методов технологии машиностроения, теории резания материалов, динамики технологической системы механической обработки и современных вычислительных приборов и техники; высокой сходимостью теоретических и экспериментальных значений; положительным опытом внедрения разработанных методик и рекомендаций в промышленных условиях.

Научная новизна заключается в решении актуальной задачи, направленной на выявление связей между заданными показателями качества поверхности изделия и динамическими свойствами технологической системы на участках обработки «углов», позволяющая разработать новый технологический процесс детали «вал-шестерня» за счет реализации алгоритма построения программы ЧПУ, корректирующей режимные параметры обработки переходных процессов с учетом изменения границ области устойчивости ТСМО.

Составляющими научной новизны являются:

- разработка математической модели технологической системы на переходных режимах при изготовлении ступенчатых валов с учетом особенностей малоамплитудного трения в узлах позиционирования инструмента на станках с ЧПУ;

- установление параметров влияния дискретности системы ЧПУ на технологическое обеспечение шероховатости поверхностей ступенчатого вала;

- создание алгоритмов интерполяции управляющей программы в областях переходных процессов с учетом изменения динамических свойств ТСМО.

- разработка алгоритма построения программы ЧПУ, автоматически корректирующей режимные параметры обработки переходного процесса с учетом изменения границ области устойчивости ТСМО и требуемых параметров шероховатости и точности обрабатываемой поверхности.

Практическая ценность работы:

- разработанная технология изготовления прецизионных поверхностей ступенчатых валов с обеспечением требований по шероховатости поверхности, точности размеров, прямолинейности, круглости;

- практические рекомендации по выбору режимных параметров и дискретности системы ЧПУ на переходных режимах обработки прецизионных ступенчатых валов для обеспечения требуемой точности и шероховатости поверхности.

На защиту выносятся следующие научные положения:

1. Функциональные зависимости, позволяющие устанавливать скорость и дискретность перемещения суппорта для обеспечения требуемой точности обработки траектории по направляющим скольжения в условиях граничного трения на участках обработки переходных процессов.

2. Математическая модель ТСМО, учитывающая влияние изменения режимных параметров, возникающих на этапах переходных процессов и этапах обработки сложной траектории с припуском и режимами резания, необходимыми для обеспечения устойчивого резания и технологическим обеспечением параметров шероховатости и точности при изготовлении сложнопрофильных деталей типа «тел вращения».

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-практических конференциях:

Всероссийская конференция – конкурс студентов выпускного курса (г. Санкт-Петербург, 2013г.); Международный форум – конкурс молодых учёных «Проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2013г.); 1ая Региональная межвузовская научно - практическая конференция «Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении» (г. Санкт-Петербург, 2013г.); 2ая Международная научно - практическая конференция «Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении» (г. Санкт-Петербург, 2014 г.); 3ая Международная научно - практическая конференция «Инновации на транспорте и в машиностроении» (г. Санкт-Петербург, 2015 г.); «Инновации на транспорте и Машиностроении» (г. Санкт-Петербург, 2016 г.).

В полном объеме диссертация заслушана и одобрена на заседании кафедры «Машиностроения» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» в 2017 г.

Основные положения работы и результаты исследований отражены в НИР в рамках выполнения проектной части государственного задания № 9-2642-2014/К от 11 июля 2014 г. Проект: «Разработка и исследование микроструктуры режущей керамики, ее влияние на управление работоспособностью инструмента и параметры качества обработки на станках с ЧПУ».

Методика использования изменяемых режимных параметров на основе обеспечения устойчивости технологической системы на участках переходных опробована в производственном процессе предприятия ООО «Научно-производственный центр «ЛКТ».

Отдельные научные положения работы приняты к внедрению в учебный процесс подготовки бакалавров по направлению 15.03.01 – Машиностроение, профилю «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, 3 из них входят в перечень журналов, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Структура и содержание. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Диссертационная работа изложена на 166 страницах машинописного текста, в том числе содержит 28 таблиц, 94 рисунка, 103 наименований литературы.

Работа соответствует паспорту специальности - 05.02.08 «Технология машиностроения». Согласно формуле специальности, в ней «совершенствуются существующие и разрабатываются новые методы обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска» в соответствии с пунктом (4), а также «соблюдается технологическое обеспечение и повышение качества шероховатости поверхностного слоя, точности и долговечности деталей машин» в соответствии с пунктом (7).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена актуальность темы диссертационной работы, рассмотрен анализ состояния проблемы, обоснована цель научной работы и задачи исследования, сформулирована научная новизна и практическая ценность.

В первой главе приведён обзор состояния актуальной проблемы связанной с обеспечением требуемой точности и качества поверхностного слоя ступенчатых поверхностей вала-шестерни редуктора.

Проведённый анализ чертежа детали «ступенчатый вал» позволил выделить ответственные поверхности вала, к шероховатости и точности которых предъявляются повышенные требования. Эффективным и экономичным способом добиться необходимых результатов по обеспечению качества является подавление автоколебательного процесса на этапах механической обработки ступенчатых поверхностей, позволяя в технологическом процессе изготовления вала заменить кругло шлифовальную операцию, на безвибрационное точение. Уход от операции шлифования связан с наличием негативных сопутствующих процессов:

- применение канавок является нежелательным для ответственных деталей, так как они вызывают значительную концентрацию напряжений и понижают прочность валов при переменных нагрузках;
- необходимость частой подналадки, снижение производительности в сравнении с точением.

Изучением вопроса автоколебательного процесса при механической обработке занимались отечественные и иностранные учёные: И.С. Амосов, В.Л. Вейц, Д.В. Васильков, Н.А. Дроздов, Б.М. Бржозовский, В.М. Петров, И.Г. Жарков, В.Л. Заковоротный, А.И. Каширин, В.О. Кононенко, В.А. Кудинов, Л.К. Кучма, Г.С. Лазарев, С.Л. Мурашкин, В.Н. Подураев, В.Э. Пуш, Н.И. Ташлицкий, М.Е. Эльясберг, С. Като, Д. Меррита, К. Пикенбринка, И. Тлустого, С. Тобиаса, И. Дж. Армарега, В. Кенигом, М. Мерчантом, Т. Рамарайджем, Е. Трентом, Е. Хербертом, положившие в свои труды ряд фундаментальных исследований, позволивших установить влияния динамики технологической системы на качество изготавливаемых поверхностей деталей.

Проведённый анализ возможных методов и способов динамической стабилизации технологической системы, позволяет сделать вывод, что универсального метода по борьбе с возникающими в процессе механической обработки автоколебательными процессами, на данный момент не имеется. Существующие модели не учитывают переходные процессы, при которых существенно меняется траектория движения инструмента и неравномерность перемещения суппортной группы вследствие процессов трения в направляющих. Одним из перспективных способов обеспечения устойчивости ТСМО является создание системы, позволяющей на основе моделирования и оценки границ области устойчивости построить программу ЧПУ, корректирующую режимные параметры обработки для каждого из участков переходных процессов, с целью удержания системы в устойчивом

состоянии. Реализация данного метода позволит существенно повысить стойкость режущего инструмента и обеспечить заданные в технологическом процессе показатели точности формы изделия и шероховатости поверхности.

Во второй главе рассматривается метод обеспечения динамической стабильности технологической системы на участках переходных процессов при изготовлении поверхностей деталей типа «тел вращения» с учетом процессов трения в направляющих станка с ЧПУ.

Суть данного метода заключается в создании исполнительного кода программы ЧПУ, позволяющего обработать сложные формы вала-шестерни с одной наладкой, корректирующего режимные параметры с учетом факторов, негативно влияющих на точность и качество обработки, как то: вибрации, вызванные неравномерностью перемещения инструмента, обусловленные нелинейностью характеристики трения в направляющих станка, возмущающие воздействия, вызванные инерцией системы на участках разгона-остановки перемещения инструмента по одной из осей.

При контурной токарной обработке ступенчатого вала наблюдается большое число переходных процессов (рисунок 1) при которых изменяется направление перемещения инструмента. они сопровождаются остановкой привода по одной из осей перемещения инструмента и переходом привода по другой оси из неподвижного состояния в движение, что сопровождается "скачком" общего уровня вибраций технологической системы. Экспериментальные исследования показали, что при изготовлении одной поверхности за технологический переход амплитуда виброускорений в направлении оси перемещения инструмента в момент врезания в заготовку в 1,7...2,2 раз выше амплитуды устоявшихся колебаний, в то же время при изготовлении нескольких поверхностей за технологический переход с использованием стандартных функций линейной интерполяции наблюдаемые скачки уровня вибраций на переходных процессах в реперных точках превышают устоявшиеся в 1,3...1,5 раз.

Резкие нагрузки негативно сказываются на стойкости инструмента, приводит к неточности формы и ухудшению шероховатости поверхности изделия, влияя на его последующие эксплуатационные характеристики. При выборе режимных параметров также необходимо учитывать факторы, обусловленные конструкцией станка, перемещение суппортов чаще всего осуществляется по направляющим смешанного трения с использованием шаговых двигателей, основным минусом двигателей этого типа их толчковая или дискретная работа, которая может привести к ухудшению качества чистовой обработки поверхностей и эффекту "ступенек" при выполнении обработки по наклонной прямой или дуге. Для точного определения позиции исполнительных органов чаще всего используются линейные датчики положения, однако, из-за специфики перемещения, задаваемого шаговым двигателем, сохраняется дискретный характер перемещения задающего звена органов позиционирования инструмента.

Для оценки границ области устойчивости ТСМО на различных переходах необходимо учитывать изменение динамических свойств системы в реперных точках и возмущающие воздействия, оказываемые процессами малоамплитудного трения в направляющих, вызванными как условиями граничной смазки трущихся поверхностей, так и дискретными характером перемещения задающего звена.

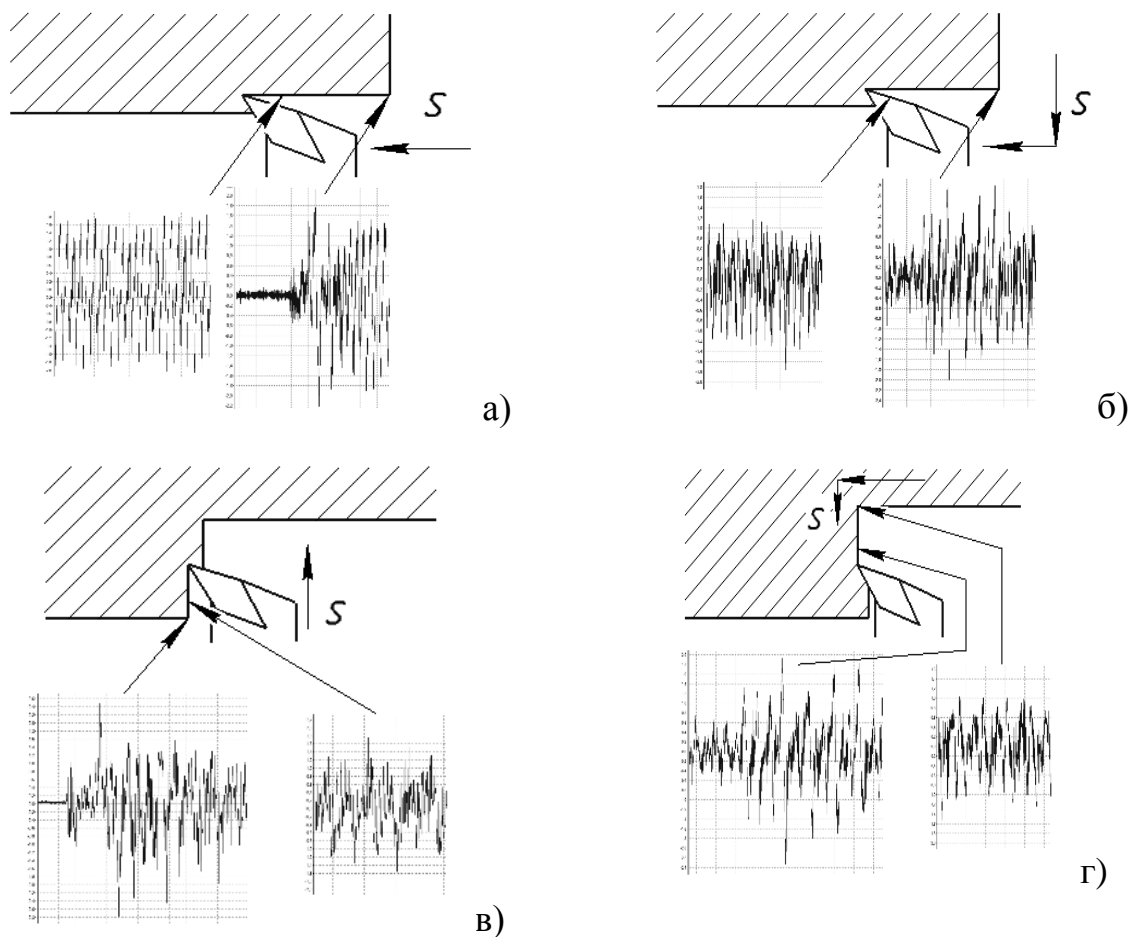


Рисунок 1 - Схема переходных процессов и вибрации ТСМО на различных участках при обработке ступенчатого вала, где: а,б - обработка в продольном направлении; в,г - обработка торца

На рисунке 2 приведена структурная схема модели, учитывающей малоамплитудное трение в направляющих как функции $x_n(t)$ и $z_n(t)$, посредством положительных связей, влияющих на отклонения инструмента от заданной траектории в соответствующих направлениях осей.

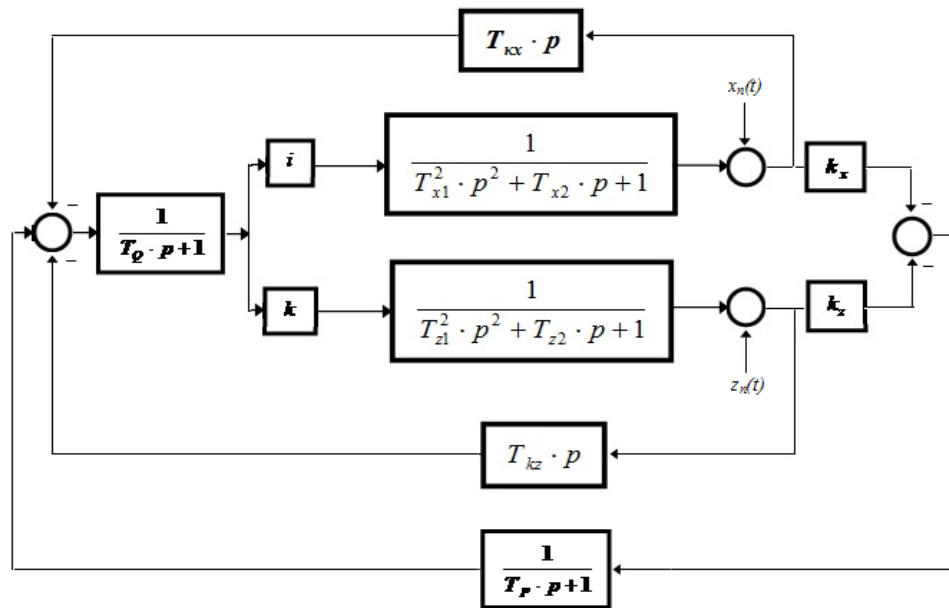


Рисунок 2 - Структурная схема динамической модели технологической системы, учитывающей дискретность перемещения инструмента

В третьей главе для оценки влияния процессов малоамплитудного трения в органах позиционирования инструмента токарного станка с ЧПУ на устойчивость технологической системы и точность обработки в участках изменения направления движения инструмента, разработана математическая модель ТСМО при изготовлении ступенчатых деталей «тел вращения» с учетом трибологических процессов в направляющих. Дискретность вращения двигателей и изменение углов резания, позволяет описать динамические процессы в технологической системе с учётом переходных процессов.

Решение задачи формирования математической модели в виде системы дифференциальных уравнений движения с учетом сил сухого и жидкостного трения и гидродинамической подъемной силы основывается на теории, развитой В.А. Кудиновым, только движение задающего звена осуществляется не равномерно, а согласно кратности дробления шага двигателя соответствующего привода.

В соответствии с гидродинамической теорией смешанного трения, рассматривая силу трения F как совокупность сухого F_c и жидкостного $F_{ж}$ трения, а также силу трения покоя F_0 на этапе начала движения инструмента в вдоль данной оси, получена система дифференциальных уравнений, характеризующая перемещение суппорта и условия "схватывания" трущихся поверхностей при малых скоростях их относительного перемещения:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} + b_x \dot{x} + c_x x &= b_x \dot{x}_n + c_x x_n - F; \\ b_1 \dot{F} + F &= F_0 - b\dot{x} + b_2 \ddot{x}. \end{aligned} \quad (1)$$

Решение данной системы с применение численного метода через передаточные функции позволило выявить зависимости амплитуды виброускорений и виброперемещений колебательного процесса трения от скорости перемещения задающего звена (рисунок 3).

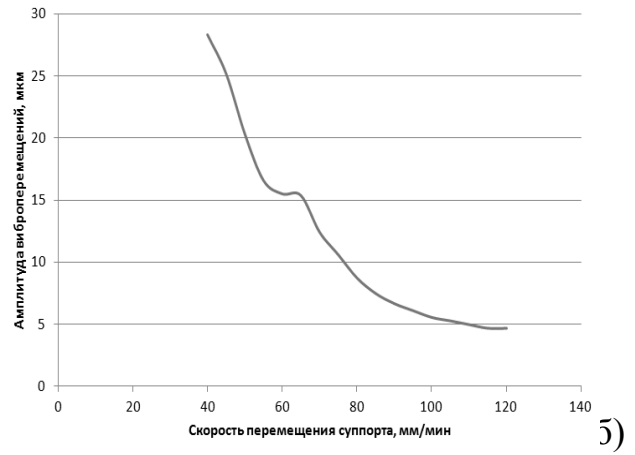
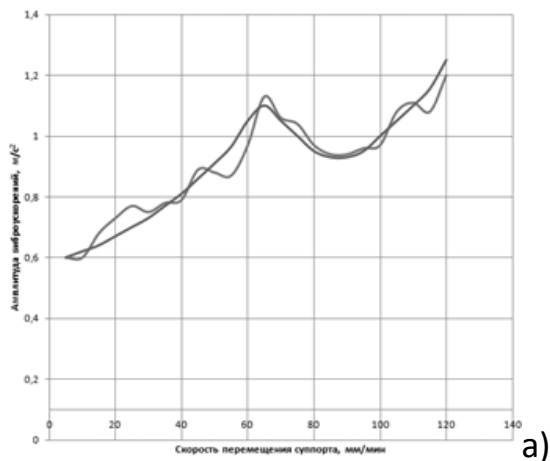
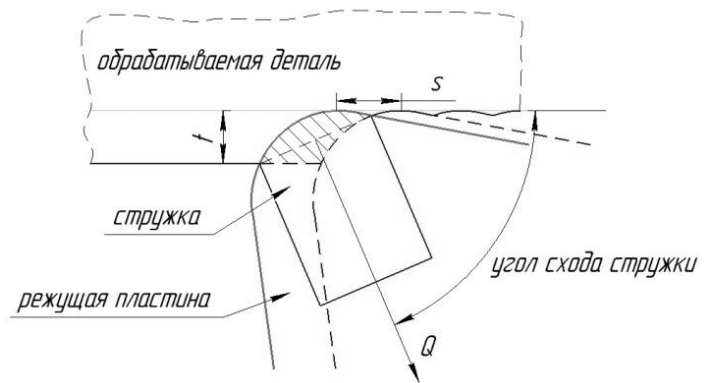
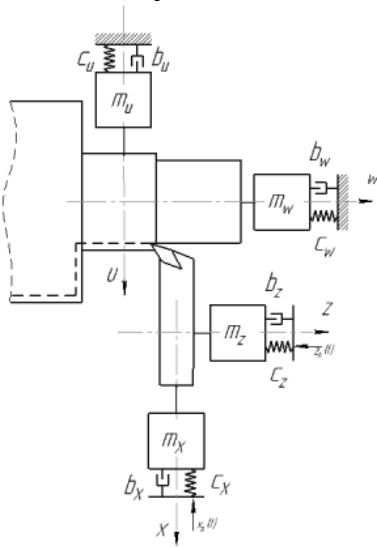
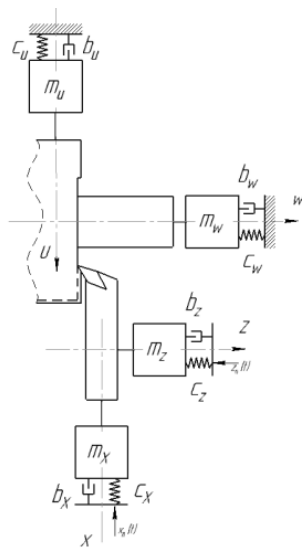


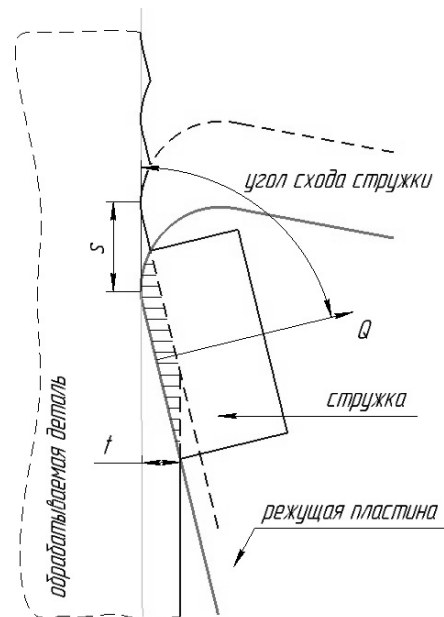
Рисунок 3 - Зависимости амплитуды колебательного процесса трения от скорости перемещения задающего звена, где: а - виброускорения; б - виброперемещения

Для определения влияния процесса резания на устойчивость технологической системы в процессе обработки переходных процессов была принята динамическая модель (рисунок 4), рассматривающая плоскость OXZ , трение стружки по передней Q и задней P поверхностях резца и функции отклонения инструмента от заданной траектории $x_n(t)$ и $z_n(t)$, характеризующие малоамплитудное трение в направляющих по соответствующим осям.





в)



г)

Рисунок 4 - Динамическая модель технологической системы, учитывающая изменение углов резания и направление схода стружки на переходных процессах, где: а,б - соответствует продольному направлению перемещения инструмента; в, г - соответствует поперечному направлению перемещения инструмента

Тогда конечная система дифференциальных уравнений процесса резания будет иметь вид:

$$\begin{cases} m_x \ddot{x} + b_x \dot{x} + c_x x = Q_x; \\ m_z \ddot{z} + b_z \dot{z} + c_z z = Q_z; \\ m_u \ddot{u} + b_u \dot{u} + c_u u = -Q_x; \\ m_w \ddot{w} + b_w \dot{w} + c_w w = -Q_z; \\ T_p \dot{P} + P = -k_x(x_\Sigma - u) - k_z(z_\Sigma - w); \\ T_Q \dot{Q} + Q = P - T_{kx}(\dot{x}_\Sigma - \dot{u}) - T_{kz}(\dot{z}_\Sigma - \dot{w}). \end{cases} \quad (2)$$

где m_x, m_z, m_u, m_w - приведенные массы системы в контурах x, z, u, w ; b_x, b_z, b_u, b_w - коэффициенты силы сопротивления в контурах x, z, u, w ; c_x, c_z, c_u, c_w - коэффициенты жесткости в контурах x, z, u, w ; P - сила резания по оси OZ процесса резания, Q - сила трения стружки, Q_x, Q_z - проекции силы Q на оси OX и OZ станка, T_p, T_Q - постоянные времени запаздывания процесса резания, T_{kx}, T_{kz} - постоянные времени колебания скорости резания, k_x, k_z - коэффициенты передачи системы в контурах x и z , x_Σ, z_Σ - результирующее отклонение вершины резца от заданного в проекциях на оси OX и OZ станка, в том числе и отклонений, вызванных процессами малоамплитудного трения в направляющих станка, вычисляемых по формуле (1).

Хоть системы уравнений, описывающие процесс обработки в продольном и поперечном направлениях записываются одинаково, необходимо учитывать существенное изменение значений коэффициентов, характеризующих угол схода стружки по передней поверхности и изменение площади срезаемого слоя. Из этого следует, что при моделировании метода корректировки режимных параметров на реперных точках необходимо

осуществлять «переключение» между моделями, описывающими каждый рабочий ход в отдельности. На основе изложенной системы уравнений осуществляется решение задачи управления устойчивостью технологической системы, вычисляются допустимые режимные параметры для каждого из рабочих ходов и в код программы ЧПУ добавляются участки, обеспечивающие их плавное изменение, что позволяет избежать возникновения резких нагрузок при обработке ступеней, с целью обеспечения заданных в технологическом процессе параметров точности формы и шероховатости поверхности при изготовлении ступенчатых валов.

В четвертой главе проведены экспериментальные исследования, направленные на отработку технологического процесса изготовления детали ступенчатый вал редуктора.

Расчет устойчивости технологической системы механической обработки с учетом возмущающих воздействий, вызванных неравномерностью перемещения инструмента, основанный на системах уравнений (1,2) осуществлялся в программной среде LabVIEW с применением модуля Control Design and Simulation, позволяющего производить расчет систем дифференциальных уравнений через передаточные функции с возможностью уточнения передаточных коэффициентов на каждой из итераций вычислений. Что позволило построить границы области устойчивости, характеризующие изменение устойчивости ТСМО на участках переходных процессов для продольного и торцевого точения (рисунок 5).

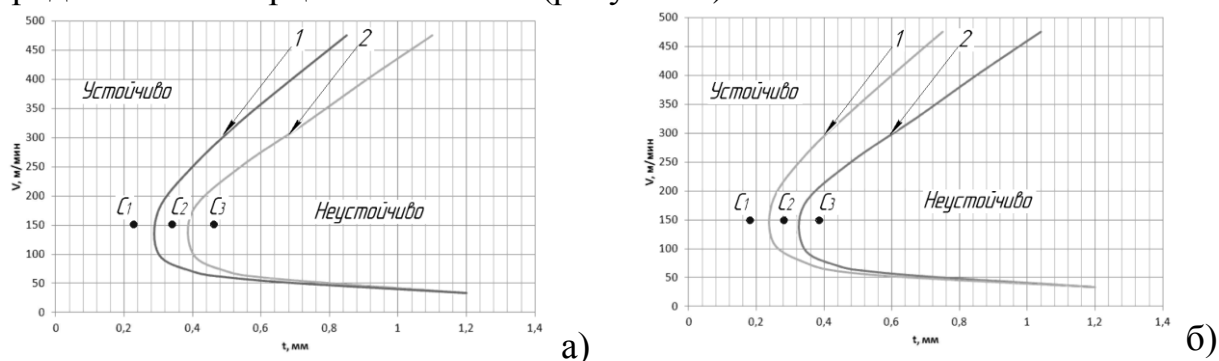
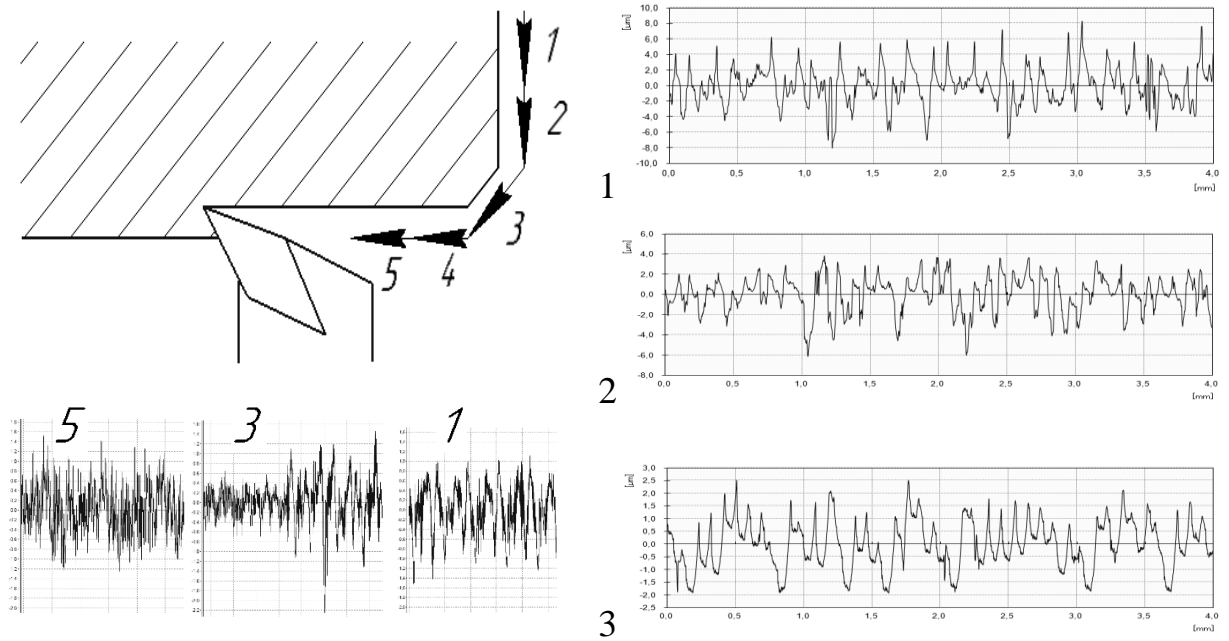


Рисунок 5 - Изменение границ области устойчивости на участках переходных процессов, где: а - при продольной обработке; б - обработке торца; 1 - момент изменения направления перемещения инструмента; 2 - начальная граница устойчивости

На основе полученных границ области устойчивости, технологический переход обработки «ступеньки» вала был разбит на вспомогательные переходы, позволяющие плавно изменить режимные параметры для удовлетворения условий устойчивости ТСМО (рисунок 6), что позволило существенно снизить (в 1,5..2 раза) "скачок" вибраций в области смены направления перемещения инструмента по сравнению с применением стандартной операции линейной интерполяции и повысить качество изготавливаемой поверхности после переходного процесса в 1,5 раз (рисунок 7).



Вибрации в направлении силы
резания P_z

Шероховатость поверхности R_a

Рисунок 6 - колебания ТСМО и шероховатость поверхности при переходе от обработки торца к продольной обработке, где: 1 - обработка торца; 2 - область замедления инструмента; 3 - область перехода к продольной обработке; 4 - область ускорения инструмента; 5 - продольная обработка

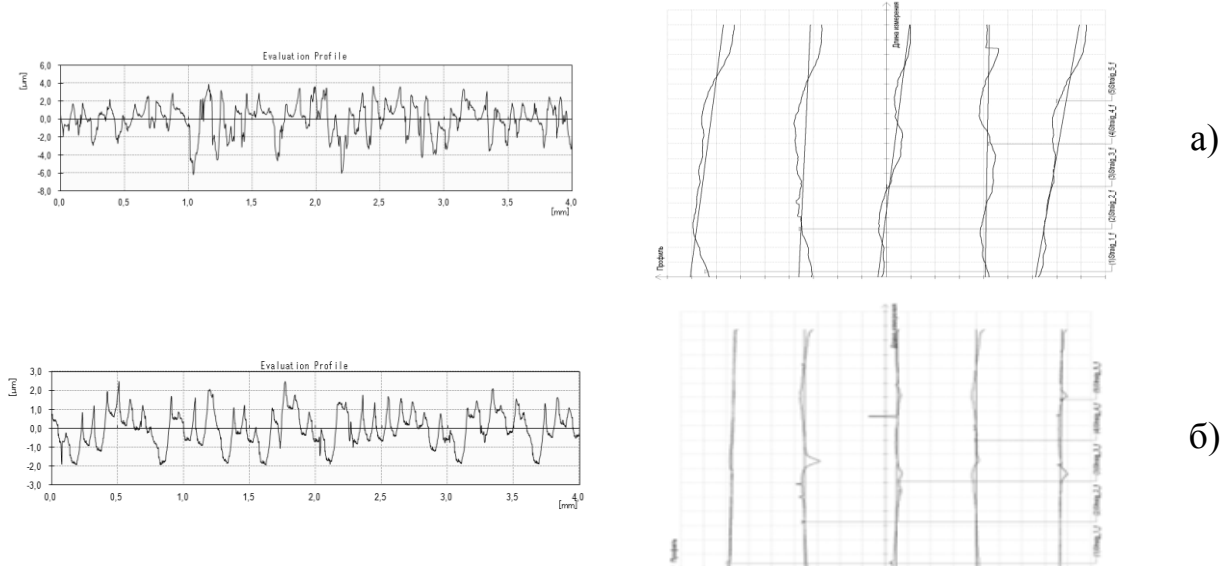


Рисунок 7 - Профилограммы шероховатости поверхности и отклонений от прямолинейности прецизионных участков ступенчатого вала, где: а - применение типового технологического процесса, $R_a = 1,2$ мкм; б - применение технологического процесса, учитывающего динамические свойства ТСМО на участках переходных процессов $R_a = 0,76$ мкм

В ходе экспериментальных исследований установлено, что при обработке в границах расчетной «устойчивой» области переходных процессов отклонения вершины режущего инструмента от заданной траектории в 1,5..2

раза ниже, чем в расчетной «неустойчивой» области, что позволяет рекомендовать данную методику для расчета допустимых режимных параметров при обработке переходных процессов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ современного состояния вопроса направленного на технологическое обеспечение параметров точности и шероховатости ступенчатых поверхностей деталей типа «тел вращения» (например, золотники, ступенчатые валы), показал, что разработка и совершенствование новых технологических решений направленных на обеспечение заданных показателей точности и шероховатости поверхностного слоя детали на станках с ЧПУ является актуальной научной и народно-хозяйственной проблемой. Произведённый обзор научно-технической литературы по данному направлению в области технологии машиностроения, позволил сделать вывод, что недостаточно изучены и мало разработаны особенности технологического процесса изготовления ответственных поверхностей деталей с высокой концентрацией переходных процессов.

1. Исходя из поставленной задачи, установлены закономерности влияния фрикционных автоколебаний при перемещении суппорта по направляющим скольжения в условиях малоамплитудного трения, осуществляемого шаговыми двигателями, на участках переходных процессов на показатели шероховатости поверхности и точности формы при изготовлении ступенчатых поверхностей детали типа «тел вращения».

2. Разработана и обоснована математическая модель технологической системы механической обработки с учетом дискретности перемещения инструмента на этапах переходных процессов для оценки динамической устойчивости системы в процессе изготовления ступенчатых поверхностей детали типа «тел вращения».

3. Имитационное моделирование динамических процессов технологической системы при изготовлении ответственных ступенчатых поверхностей детали типа «тел вращения» на этапах переходных процессов позволило выявить допустимые режимы и требуемую дискретность обработки траектории перемещения инструмента для каждого из этапов переходных процессов в отдельности.

4. Выполнен комплекс экспериментальных исследований направленный на отработку технологического процесса изготовления ступенчатых деталей типа «тел вращения» в областях переходных процессов, с корректировкой режимных параметров обработки на участках изменения направления движения инструмента, позволивший зафиксировать вибродиагностическим оборудованием снижение интенсивности автоколебаний ТСМО на участках переходных процессов на 15...25 %, что обеспечило улучшение качества обработанной поверхности в 1,4...1,7 раз по параметру шероховатости R_a по сравнению с типовым технологическим процессом.

5. Предложена технология изготовления ответственных поверхностей ступенчатых деталей типа «тел вращения» с учетом функциональных зависимостей колебательных процессов ТСМО на переходных участках от процессов малоамплитудного трения в органах позиционирования инструмента токарного станка с ЧПУ, что позволяет обеспечить изготовление деталей по 8 квалитету точности ($IT\ 8$) и соответствующую шероховатость поверхности $R_a=0,32$ мкм, заменить операцию шлифования и снизить себестоимость их выпуска.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ:

1. Вьюшин Р.В. Влияние тонкостенных нанопокровов на фреттинг-коррозию высоконагруженных сопряжений крупногабаритных деталей машин / Красный В.А., Максаров В.В., Вьюшин Р.В. // Металлообработка. - 2014. - №1. - С. 42-57- ISSN 0236-1493.

2. Вьюшин Р.В. Точность обработки при точении заготовок режущим инструментом, оснащенным сменными керамическими пластинами / Халимоненко А.Д., Вьюшин Р.В. // Записки горного института СПб.: НМСУ, том 209, 2014. С. 99-103.

3. Вьюшин Р.В. Технологическое обеспечение параметров шероховатости на основе моделирование переходных процессов / Максаров В.В., Вьюшин Р.В., Ефимов А.В. // Металлообработка, №2, 2017. С. 39-45. - ISSN 0236-1493.

Публикации в других отечественных изданиях:

4. Максаров В.В, Вьюшин Р.В, Ефимов А.Е. Динамическая стабилизация процесса тонкой лезвийной обработки за счет анизотропных свойств режущего инструмента // Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроение: Региональная Межвузовская научно–практическая конференция. СПб.: НМСУ «Горный», 2014. - С. 83-85.

5. Красный В.А., Максаров В.В, Вьюшин Р.В Технологические методы повышения фреттингостойкости высоконагруженных сопряжений деталей машин // Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроение: Региональная Межвузовская научно–практическая конференция. СПб.: НМСУ «Горный», 2014.

6. Красный В.А., Вьюшин Р.В. Выбор шероховатости поверхности поршневых колец под нанесение износостойкого напыляемого покрытия // Инновации на транспорте и в машиностроение: Сборник трудов III Международной научно-практической конференции. СПб.: НМСУ «Горный», 2015. - С. 55-58.

7. Максаров В.В., Вьюшин Р.В. Влияние ступенчатого характера движения суппорта на качество изготовления сложнопрофильных: Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. СПб.: НМСУ «Горный», 2016. - С. 87-91.

8. Максаров В.В., Вьюшин Р.В. Виртуальное моделирование перемещения суппорта станка // Сборник трудов XV Международная конференция NIDays 2016. - М.: ДМК Пресс, 2016. -С. 343-345. - ISBN 978-5-97060-490-8.