

В диссертационный совет Д 212.142.01
при МГТУ "СТАНКИН"
127994, г.Москва, ГСП-4,
Вадковский пер., д.1
8(499) 972-94-89

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

ШТИН АНТОНА СЕРГЕЕВИЧА

на диссертационную работу Блохина Дмитрия Андреевича на тему «Разработка метода определения погрешностей перемещений узлов фрезерных станков с числовым программным управлением с физической имитацией рабочей динамической нагрузки», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

1. Актуальность темы. Диссертационная работа Блохина Дмитрия Андреевича посвящена разработке метода определения величины виброперемещений при движениях стола станка с физической имитацией динамической нагрузки.

При обработке деталей на металлорежущих станках существует несколько неблагоприятных причин возникновения вибрации. Доминирующим фактором может быть недостаточная жёсткость станка, детали или наладки. Нежёсткость и

неточность станка является критическим недостатком системы, так как повысить виброустойчивость и жёсткость детали часто бывает возможным, конструкцию приспособления также можно изменить или повысить жёсткость и виброустойчивость на стадии проектирования.

При анализе причин возникновения вибраций в технологической системе станка необходимо получить информацию о точностных параметрах оборудования и его виброустойчивости в текущий момент времени. Общепринятые методы испытания станков, как установлено автором, дают недостаточно полные результаты. Очевидно, что приложение нагрузки к узлам станка при их измерении приводит к искажению картины, которая получается при квазистатических испытаниях, в части амплитуды виброперемещений.

Информация, которую можно получить по методике предложенной соискателем, может быть основой для создания алгоритмов и моделей виброустойчивости станочного оборудования, определения эффективных методов демпфирования, так как любая математическая модель требует экспериментальной проверки.

Решение поставленной в работе задачи способствует повышению достоверности и информативности проводимых испытаний металлорежущих станков, что и определяет актуальность диссертации Блохина Д.А.

2. Новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и их обоснованность и достоверность. Теоретические и экспериментальные результаты, приведенные в диссертации, получены по

многочисленным экспериментам на основе теории резания металлов, законов физики раздела теории колебаний, теоретической механики. Разработанные технические решения опробованы экспериментально в лабораториях кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВО «ОмГТУ», а также на оборудовании предприятий региона. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и производственных условиях с использованием современных измерительных приборов: лазерный интерферометр Renishaw Laser XL-80, прибор для измерения отклонений от окружности Renishaw Ballbar QC20-W, виброанализатор Baltech VP3470, динамометр УДМ-600. Обработка теоретических и экспериментальных результатов производилась с использованием вычислительной техники с использованием программ Renishaw Ballbar 5, Baltech-expert, Origin pro 2021 и КОМПАС v 21.

К основным новым научным положениям, выводам и рекомендациям можно отнести следующие результаты:

1. Точность перемещений узлов станка, измеренная по стандартным методам в квазистатических условиях существенно выше, чем точность перемещений в процессе обработки, что требует производить испытания при воздействии вынуждающей силы, эквивалентной силам резания.

2. Разработанный метод измерения погрешностей перемещения фрезерных станков при прямолинейных и круговых перемещениях узлов станка с имитацией рабочей нагрузки, который позволяет достоверно определить точность и виброустойчивость перемещений узлов станка в текущий момент времени.

3. Построенные карты распределения динамической характеристики станка с имитацией рабочей нагрузки позволяют определить эффективность методов вибродемпфирования и границы режимов резания, при которых происходит потеря устойчивости движения для всех участков рабочей зоны станка.

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, можно считать обоснованными и достоверными, так как они были получены на основании серьезных теоретических исследований, а также прошли экспериментальную проверку с применением современных станков, установок и приборов.

Обоснованность экспериментальных результатов подтверждена также тем, что в основе исследований лежат методы планирования эксперимента.

3. Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов.

В качестве практической реализации автором разработано:

1. Метод определения точности перемещений станка в ходе круговых и прямолинейных рабочих перемещений конкретной единицы оборудования в текущий момент времени с учетом действующей программной коррекции, примененных вибродемпфирующих устройств и состояния шариковинтовых передачах и направляющих (**патент РФ № 2794584**).

2. Устройство для моделирования динамической нагрузки, возникающей в процессе фрезерования, по подобию параметров амплитуды и частоты

вынужденных колебаний, позволяющее, в том числе, определять предельные режимы резания конкретной единицы оборудования.

3. Рекомендации по расчету частоты вращения, эксцентриситета и массы дисбаланса вибровозбудителя со статически неуравновешенным ротором для физической имитации сил резания.

Результаты исследований, переданы в научно-технический центр Эталон (ООО «НТЦ Эталон») для внедрения, что подтверждает **практическую значимость** диссертационной работы.

4. Содержание и оформление диссертации и автореферата.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 104 наименований и двух приложений. Полный объем диссертации составляет 161 страницы, включая 72 рисунка и 8 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность проведенных исследований, сформулированы цели работы, обозначена научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Приведены основные положения, выносимые на защиту, степень апробации работы и краткое содержание диссертационной работы.

В первой главе проведен анализ причин возникновения погрешностей на металлорежущих станках с ЧПУ, включая колебательные процессы. Разработана модель возникновения погрешностей перемещений в шарико-винтовой паре при фрезеровании в условиях вибрационной нагрузки. Исследована проблема недостаточной информативности стандартных методов испытания точности

перемещений станков, проводимых на холостом ходу. С помощью высокоскоростной съемки была зафиксирована траектория движения гайки ШВП в зоне повышенного износа при высокой нагрузке, что представляет интерес для учебного процесса.

Дан качественный обзор действующих государственных стандартов и методов измерения в области контроля точности и виброустойчивости фрезерных станков.

Выбрана методика определения силовых факторов процесса фрезерования в зависимости от режимов резания, применяемых инструментов и станков с ЧПУ.

Вторая глава посвящена разработке конструкции источника вынужденных колебаний и определению параметров его работы. Проведены сравнительные измерения размаха виброперемещений при фрезеровании и при физической имитации за счет центробежных сил. Предлагается несколько алгоритмов использования предложенного вибровозбудителя при испытаниях точности позиционирования и прямолинейных перемещений. Особый интерес для машиностроительных предприятий представляет алгоритм построения карты позиционного распределения динамических смещений для неподвижного стола под действием внешних сил по данным датчиков обратной связи.

Проведены исследования зависимости амплитуды виброперемещений от скорости подачи, а также сравнительные измерения амплитуды виброперемещений различными приборами. Установлено, что показания отличаются количественно, но качественную картину изменения точности от положения стола позволяют

измерить все три представленных в работе прибора. Наиболее точную и полную картину перемещений дает прибор ballbar из-за способа его размещения на рабочей плоскости стола. Причем данный прибор можно разместить на приспособлениях и определить величину виброперемещений при круговом движении стола под действием нагрузки.

В третьей главе развернуто представлен метод измерения параметров точности и вибрации при круговых движениях узлов станка под действием вышеописанного вибровозбудителя. На основе полученных круглограмм установлено, что виброустойчивость станка имеет комплексную зависимость от действующих сил и положения узлов станка. Применение вынужденных колебаний в ходе измерения точности позволяет определить имеющийся запас устойчивости оборудования для определенных режимов.

Представленный метод является наиболее достоверным из всех применяемых и проанализированных. Из результатов экспериментов можно определить предельно допустимые значения скорости контурной подачи и тангенциальной составляющей силы резания, при которых не происходит усиление колебаний и искажение траектории перемещения.

Четвертая глава посвящена реализации результатов исследований при проектировании станочной конструкции объектного базирования и применения метода для оценки эффективности вибродемпферов.

Результаты диагностики под нагрузкой с помощью телескопического датчика позволяют получить достаточный объем данных для оценки

эффективности демпфирующих устройств и прогноза точности обработки с их применением.

Использование малогабаритного станка объектного базирования с малой массой корпусных деталей для достижения высокой производительности фрезерования ячеек в обечайке из алюминиевого сплава представляет интерес.

В заключении лаконично сформулированы основные выводы диссертации, в полной мере отражающие научную новизну и практическую значимость полученных в работе результатов.

Каждая глава диссертации завершается соответствующими выводами. Структура диссертации имеет внутреннее единство, написана грамотным литературно-техническим языком. Автореферат изложен на 20 страницах и в полной мере отражает содержание диссертации. По каждой главе представлены выводы, отражающие полученные результаты. Общие выводы по работе сформулированы в заключении.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Оформление диссертации и автореферата в целом соответствует установленным требованиям.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались на: 10, 11 и 13-й Международной научно-практической конференции «Динамика систем, механизмов и машин» (Омск, 2016, 2017 и 2020 г.), 12-й международной научной конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности» (Казань, 2020 г.), а также на заседании кафедры

«Металлорежущие станки и инструменты» Омского государственного технического университета (Омск, 2021, 2022 г) и заседании кафедры станков и кафедры измерительных информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН» (Москва, 2022, 2023 г).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. По теме и содержанию материалов диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» раздела области исследований п.2 (Теоретические основы, моделирование и методы экспериментального исследования процессов механической и физико-технической обработки, включая процессы комбинированной обработки с наложением различных физических, химических и комбинированных воздействий), п.3 (Исследование механических и физико-технических процессов в целях определения параметров обеспечивающих выполнение заданных технологических операций и повышения производительности, надежности и экономичности обработки), п.6 (Исследование влияния режимов обработки на силы резания, температуру, стойкость инструмента и динамическую жесткость оборудования).

Публикации. Результаты диссертационной работы отражены в 10 публикациях, из них 6 опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК, имеется 1 патент на изобретение (№ 2794584).

Публикации автора по теме диссертации в достаточной степени отражают основные результаты исследований и соответствуют требованиям ВАК по публикациям для кандидатских диссертаций.

5. Основные замечания по диссертационной работе. К основным замечаниям по диссертационной работе можно отнести следующие:

1. В диссертации не проанализированы источники возникновения резонансных колебаний, возникающих при фрезеровании и даны только общие рекомендации по корректировке режимов резания.

2. В работе приведены рекомендации определения режимов имитационной нагрузки. Автор не упоминает как определить режимы имитационной нагрузки для новых проектируемых станков.

3. Из диссертационной работы не ясно как будут изменяться результаты испытаний при применении инструментальных оправок с виброгасящими элементами?

4. В диссертации не рассматриваются возможности применения средств автоматизации обработки данных, что позволило бы автоматизировать усилие, создаваемое вибродемпфером.

5. В своей работе автор не приводит результаты исследований запаса виброустойчивости представленного малогабаритного станка.

6. По оформлению: имеются опечатки, например, рисунок 2.1., с. 106.

7. По оформлению автореферата: плохо читаемые надписи и графики, например, рисунок.2, рисунок.3, рисунок.5.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе Блохина Дмитрия Андреевича получены новые научные результаты и положения, с применением которых возможно повышение достоверности результатов определения погрешностей перемещений узлов фрезерных станков с ЧПУ и определение эффективности методов повышения их виброустойчивости за счет приложения динамической нагрузки, имитирующей силовые явления при фрезеровании.

Основой диссертационной работы Блохина Д.А. являются новые научные результаты теоретических и экспериментальных исследований, которые выполнены лично автором или при непосредственном его участии. Личный вклад автора подтвержден публикациями, перечисленными в автореферате.

Рассматриваемая диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

В целом диссертационная работа Блохина Дмитрия Андреевича является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки по повышению достоверности результатов определения погрешностей перемещений узлов фрезерных станков с ЧПУ и определению эффективности методов повышения их виброустойчивости за счет приложения динамической нагрузки, имитирующей силовые явления при фрезеровании, имеющие существенное значение для развития страны, и соответствует критериям,

предъявляемым к кандидатским диссертациям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №824, а ее автор Блохин Дмитрий Андреевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент:

доцент кафедры «Станки и инструменты»

ФГБОУ ВО «ТИУ»,

кандидат технических наук

(2.5.5. – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки),

Штин Антон Сергеевич

тел. 8(953) 826-98-02

shtin_as@mail.ru



Подпись *Штина А.С.*
 верю *А.С. Штина*
 следующий документовед общего отдела ТИУ
 05 04 2024

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

(ФГБОУ ВО «ТИУ»)

625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38