

ФГБОУ ВО

"Донской государственный технический университет" (ДГТУ)

344000, ЮФО, Ростовская обл.,

г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

Телефон: (863) 273-85-25

E-mail: reception@donstu.ru

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Лукьянова Александра Дмитриевича на диссертационную работу Кузнецова Сергея Федоровича «Обеспечение устойчивости процесса фрезерования в условиях технологической системы мобильного оборудования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Актуальность диссертации

Технологии современного машиностроения, в особенности – тяжелого машиностроения, судостроения и авиакосмической отрасли, включает в себя ряд операций, которые целесообразно выполнять на мобильном оборудовании, в том числе – мобильных фрезерных станках. Обработка крупногабаритных деталей или сборок «по месту» с одной стороны, может существенно упростить технологический процесс, повысить производительность и снизить общие затраты. С другой стороны, портативное и мобильное оборудование, как правило, имеет относительно низкую жесткость и виброустойчивость, что накладывает ограничение на использование технологических режимов и общую производительность. В ряде технологических операций эти ограничения являются критическими, и затрудняют использование подобного перспективного оборудования в производственном процессе. Традиционные для «стационарного» станкостроения конструкторские решения, включающие в себя увеличение массы и жесткости станин, размещение станков на виброгасящих опорах и использование демпфирующей засыпки полостей, для мобильного и портативного оборудования, как правило, неприемлемы. Таким образом, исследования и разработки, посвященные вопросам обеспечения устойчивости процесса обработки на мобильном и портативном оборудовании, являются в настоящее время актуальными, а их результаты – востребованными на практике.

Научная новизна работы:

1. Раскрыт механизм развития колебаний технологической системы мобильного оборудования при механической обработке концевыми фрезами.
2. Установлены закономерности, характеризующие влияние параметров демпфирующего устройства: частота и амплитуда колебаний – на механизм развития колебаний в технологической системе мобильного оборудования в зависимости от режимов резания, для процесса механической обработки концевыми фрезами.
3. Разработана методика определения условий устойчивости технологической системы мобильного оборудования, отличающаяся наличием коэффициента демпфирования учитывающего взаимосвязи между её вибрационными и технологическими параметрами при обработке концевыми фрезами.

Достоверность результатов работы:

1. Достоверность экспериментальных результатов, полученных автором, основывается на использовании поверенного измерительного оборудования и датчиков для измерения характеристик виброколебаний.
2. Достоверность теоретически полученных результатов достигается за счет использования обоснованных и экспериментально подтвержденных гипотез, положенных в основу исследований, а также корректного использования математических формализмов.

Практическая значимость работы:

1. Разработана методика определения условий, при которых технологическая система мобильного оборудования может быть поставлена в режим самонастройки при концевом фрезеровании.
2. Создано программное обеспечение, существенно упростившее технологическую подготовку операции механической обработки деталей мобильным фрезерным оборудованием (свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015614030).
3. Разработана конструкция демпфирующего устройства, позволяющего влиять на развитие колебаний в технологической системе мобильного оборудования, повысив производительность обработки на 25% (патент РФ №150688).

Содержание работы

Диссертационная работа изложена на 131 страницах, включая 4 страницы приложений, и состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы и включает 90 рисунков и 4 таблицы. В приложении представлены документы, подтверждающие регистрацию автором результатов интеллектуальной деятельности, а также акты внедрения в производственный процесс.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, научная позиция автора, раскрыты научная и практическая значимость работы, методы исследований, уровень обсуждения материалов.

В первой главе рассмотрены особенности процесса фрезерования портативным оборудованием. Проведён анализ исследований колебательных процессов при резании с рассмотрением проблемы эффективности фрезерования в условиях маложесткой технологической системы. Проведён анализ механизма возбуждения колебаний системы при многокоординатном фрезеровании. Показано, что основным фактором, определяющим точность обработки, являются колебания технологической системы. Рассмотрены исследования зависимостей шероховатости обработанной поверхности, стойкости инструмента и ресурса узлов станка от уровня вибрации технологической системы. Установлено, что для повышения точности фрезерной обработки в условиях маложесткой технологической системы наиболее актуальной задачей является демпфирование колебаний системы, путём внешнего воздействия на неё. В качестве направлений повышения эффективности технологического процесса, установлены повешения стойкости инструмента и точности обработки за счёт выравнивания нагрузки от колебательных процессов и снижения общего уровня колебаний в системе.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию динамики технологической системы. На основе анализа существующих исследований предложено дифференциальное уравнение движения механической системы в обобщенной координате. Для оценки динамики технологической системы автором использована стержневая модель, состоящая из сосредоточенных масс твердых тел и упругих стержней, перемежающихся стыками с упруго-диссипативными характеристиками. Компоненты вибрации первоначально исследуются в трех взаимно перпендикулярных направлениях, однако по ходу исследования автор обосновывает возможность исключения одного из колебательных

контуров из рассмотрения и соответствующей редукции модели. Автор рассматривает и анализирует варианты потери устойчивости моделируемой системой, в том числе – при изменении (увеличении) коэффициента жесткости. По результатам исследований, описанных в данной главе, автор делает вывод, что «одним из эффективных путей демпфирования регенеративных колебаний может быть создание таких условий ее работы, при которых ей постоянно было бы необходимо осуществлять такую перенастройку».

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям динамики процесса резания. В главе определяются условия устойчивой работы технологической системы при малой жесткости. Автором разработан алгоритм и программа, позволяющие рассчитывать критические частоты вращения шпинделя, виброскорости и виброускорения технологической системы в характерных точках, для дальнейшего анализа технологической системы портативного режущего оборудования.

В четвертой главе предложена методика демпфирования колебаний в технологической системе с малой жесткостью и конструкция активного демпфера. Автором разработаны макеты системы демпфирования, система управления с обратной связью, результаты внедрены на производстве.

Замечания и пожелания

1. По тексту реферата не полностью прослеживается связь между параметрами дифференциального уравнения (1) и решением этого уравнения (2). В частности, в формуле (2) отсутствует амплитуда вынужденной силы P_i и коэффициент жесткости системы c . В записи начальных условий, судя о всему, допущена опечатка ($y' = y_0''$).
2. Не совсем понятны причины, по которым автор пренебрегает возможностью развития колебаний в направлении оси инструмента. У традиционных фрезерных станков жесткость в осевом направлении как раз является наименьшей. Единственным, на мой взгляд, обоснованием может являться использование цилиндрических фрез с прямым зубом, но это, в явном виде, из содержания автореферата не следует.
3. По тексту автореферата (стр. 12 и 13), в котором описывается возможность возникновения резонанса в системе фрезерования, создается впечатление, что автор смешивает возможность возбуждения колебаний в системе из-за периодичности силы при фрезеровании, вызванной последовательным врезанием зубьев фрезы, и возбуждением системы за счет «резания по следу», то есть вариации срезаемого припуска от зуба к зубу для одной и той же величине части угла поворота фрезы (в пределах сегмента $360^\circ/n$). Представляется, что это существенно разные процессы, приводящие к разным механизмам возбуждения колебаний.
4. Из текста автореферата не совсем понятно конструктивное размещение демпфера, и алгоритм, с помощью которого он гасит колебания.
5. С точки зрения оформления, графики, приведенные в автореферате (на стр. 12, 13 и 16) имеют очень мелкие цифры в подписях по осям, что затрудняет их понимание.
6. Не совсем корректно, на мой взгляд, говорить о том, что «Авторами [54] и [58] доказано, что «только в нелинейной системе возможен установившейся автоколебательный режим». Это фундаментальное свойство возникновения автоколебаний доказал Андронов (которому и принадлежит сам термин «автоколебания»)
7. Неоднократно было показано, что для фрезерования, по крайней мере в направлении ХУ колебательный контур инструмента является единым. (стр. 50, рис. 2.5)
8. С точки зрения динамики фрезерования, и возникновения различных видов колебаний в динамической системе фрезерного станка, пренебрежение изменением толщины срезаемого слоя при фрезеровании требует дополнительного обоснования, хотя бы потому, что силы резания (и их вариации за счет изменения толщины

срезаемого слоя) превосходят по величине силы, возникающие из-за «резания по следу» (стр. 65 диссертации, ур. (3.3).

9. Не совсем понятна связь между «прерывистым характером фрезерования» и «изменением скорости резания». В процессе взаимодействия зуба фрезы с материалом, скорость резания (тангенциальная скорость движения зуба), остается, в первом приближении, постоянной. (стр. 67)
10. Из текста диссертации не совсем понятно, как именно строились графики на рис. 3.8 и 3.20 (диаграмма Пуанкаре и изменение силы резания). Кроме того, существует определенная путаница в нумерации рисунков: рисунок 3.19 отсутствует, после рисунка 3.20 идет рисунок 3.27 и т.п.
11. Значительная часть графиков в главе 3 (и в работе в целом) имеет настолько мелкие обозначения по осям, что провести их анализ представляется невозможным.
12. Рассматривая аппаратную реализацию демпфирующего устройства, хотелось бы увидеть анализ частотных свойств системы демпфирования в целом, включая аппаратную часть демпфера и систему управления.

На основе вышеизложенного, можно сформулировать следующие выводы по представленной работе.

Работа соответствует паспорту специальности 05.02.07 по следующим пунктам:

1. Теория и практика проектирования, монтажа и эксплуатации станков, станочных систем, в том числе автоматизированных цехов и заводов, автоматических линий, а также их компонентов (приспособлений, гидравлических узлов и т.д.), оптимизация компоновки, состава комплектующего оборудования и его параметров, включая использование современных методов информационных технологий.
2. Теоретические основы, моделирование и методы экспериментального исследования процессов механической и физико-технической обработки, включая процессы комбинированной обработки с наложением различных физических и химических воздействий.
4. Создание, включая проектирование, расчеты и оптимизацию, параметров инструмента и других компонентов оборудования, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы обработки.
5. Создание, включая исследования, проектирование, расчеты, комплектующих агрегатов и механизмов, обеспечивающих достижение требуемых технологических и технико-экономических параметров оборудования.

Поставленную автором цель работы: расширение технологических возможностей мобильного металлорежущего оборудования для процесса механической обработки концевыми фрезами за счет разработки метода внешнего воздействия на колебательный процесс технологической системы также можно считать достигнутой.

В целом по работе следует отметить некоторый разрыв между результатами теоретического исследования вибраций при фрезеровании и анализом разработанного демпфирующего устройства. Несколько вольно автор обращается с анализом видов (релаксационные, автоколебания и т.п.) и причин их возникновения, не всегда подтверждая свои выводы математическим обоснованием с точки зрения нелинейной динамики и теории колебаний. Также присутствует определенная небрежность в оформлении диссертации, в части оформления рисунков, ссылок на литературу и т.п. Однако, вышеприведенные замечания не умаляют общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертационная работа Кузнецова С.Ф., по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению для теории и практики соответствует требованиям раздела 2 Положения

о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, с дополнениями в соответствии с постановлением №355 от 21 апреля 2016 г.

Автор работы, Кузнецов С.Ф., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

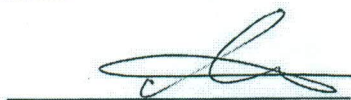
Официальный оппонент

кандидат технических наук (научная специальность, по которой защищена диссертация:

05.03.01 – «Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки»,

05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении)»), заведующий кафедрой «Автоматизации производственных процессов», ФГБОУ ВО "Донской государственный технический университет", раб. телефон (863) 273-85-10, почтовый адрес - 344000, ЮФО, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, адрес электронной почты – reception@donstu.ru, alexlukjanov1998@gmail.com

"06" сентября 2019 г.



Лукьянов Александр Дмитриевич

Подпись Лукьянова Александра Дмитриевича удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета ДГТУ



Анисимов В. Н.