

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.210.01 НА БАЗЕ
ФГБОУ ВО «РЫБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П. А. СОЛОВЬЕВА»
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 сентября 2018 № 215

О присуждении Шатагину Дмитрию Александровичу, гражданину РФ
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение динамической устойчивости процесса
резания на основе подходов нелинейной динамики и искусственного
интеллекта» по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование
механической и физико-технической обработки» принята к защите
24.07.2018, протокол № 214-п, диссертационным советом Д 212.210.01 на
базе ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П. А. Соловьева», Министерства образования и науки
Российской Федерации, 152934, Россия, Ярославская область, г. Рыбинск,
ул. Пушкина, 53, приказ №714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Шатагин Дмитрий Александрович, 1988 года рождения. В
2012 году окончил Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева по программе «Инструментальное
обеспечение машиностроительных производств» и получил квалификацию
магистра техники и технологии.

В 2016 г. окончил очную аспирантуру НГТУ им. Р.Е. Алексеева по
специальности 05.02.08 - «Технология и оборудование машиностроения».

Работает старшим преподавателем кафедры «Технология и
оборудование машиностроения» НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» Министерства образования и науки Российской Федерации.

В 2018 году сдан кандидатский экзамен по научной специальности 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» в ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева».

Научный руководитель – заслуженный деятель РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» Кабалдин Юрий Георгиевич.

Официальные оппоненты:

Янкин Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов;

Лукиянов Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону

дали положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация АО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова», г. Нижний Новгород, в своем положительном заключении, подписанном Новинским Эрнестом Георгиевичем, доктором технических наук, профессором, главным специалистом отдела подготовки научных кадров АО «ОКБМ Африкантов», Вытновым Юрием Вениаминовичем, главным технологом АО «ОКБМ Африкантов» и утвержденном первым заместителем генерального директора – генерального конструктора, доктором технических наук Петруниным

Виталием Владимировичем, указала, что диссертация Шатагина Д.А., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-исследовательской работой, посвященной решению актуальной научно-технической проблемы повышения эффективности механической обработки за счет управления динамической устойчивостью процесса резания на основе походов нелинейной динамики и искусственного интеллекта.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации, объемом 21,21 п. л., из них – 4 работы, опубликованы в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, 1 работа, опубликована в журнале, рецензируемом базой данных SCOPUS и 1 монография. Научные работы соискателя посвящены исследованию механизма возникновения автоколебаний при резании, а также решению задачи повышения динамической устойчивости процесса резания с использованием искусственных нейронных сетей и подходов нелинейной динамики. Большинство из них выполнены совместно с научным руководителем. Наиболее значимыми работами являются:

1. Кабалдин, Ю.Г. Разработка динамического паспорта станка на основе нейросетевого моделирования его рабочего пространства с использованием технологии Nvidia CUDA и подходов глубокого обучения [Текст] / Ю.Г. Кабалдин, Д.А. Шатагин, И.Л. Лаптев, Д.А. Сидоренков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. - 2016. - № 10 (679). - С. 49-56. (0,44 / 0,31 п. л.). Соискателю принадлежит:

- проведение экспериментальных исследований;
- разработка методики и алгоритмов получения «динамического паспорта» станка на основе сигнала ВАЭ и искусственных нейронных сетей;
- разработка нейросетевой модели динамического состояния станка;
- разработка алгоритмов обучения нейросетевой модели с использованием параллельных вычислений nVidia CUDA.

2. Кабалдин, Ю.Г. Структурно - энергетический подход к процессу изнашивания и диагностике твердосплавного режущего инструмента [Текст] / Ю.Г. Кабалдин, Д.А. Шатагин, В.О. Зотов // Вестник машиностроения. - 2016. - № 6. - 79-85. (0,38 / 0,17 п. л.). Соискателю принадлежит:

- проведение экспериментальных исследований;
- разработка алгоритмов и ПО для диагностики износа твердосплавного инструмента на основе сигнала ВАЭ, подходов нелинейной динамики и фрактального анализа.

3. Кабалдин, Ю.Г. Наноструктурирование контактных поверхностей твердосплавного инструмента при резании [Текст] / Ю.Г. Кабалдин, О.В. Кретинин, С.В. Серый, Д.А. Шатагин // Вестник машиностроения. - 2014. - № 7. - С. 74-79. (0,31 / 0,09 п. л.). Соискателю принадлежит:

- проведение экспериментальных исследований;
- оценка влияния наноструктурного износостойкого покрытия на динамическую устойчивость процесса резания с использованием количественных критериев нелинейной динамики и фрактального анализа.

4. Кабалдин, Ю.Г. Диагностика выходных параметров процесса резания в режиме реального времени на основе фрактального и вейвлет анализа с использованием программно- аппаратных средств National Instruments и Nvidia CUDA [Текст] / Ю.Г. Кабалдин, И.Л. Лаптев, Д.А. Шатагин, С.В. Серый // Вестник машиностроения. - 2014. - № 8. - С. 36. (0,13 / 0,09 п. л.). Соискателю принадлежит:

- разработка экспериментального стенда с использованием аппаратных средств National Instruments и Nvidia CUDA;
- проведение экспериментальных исследований;
- разработка алгоритмов и ПО для анализа сигнал ВАЭ с использованием фрактального и wavelet анализов;

5. Kabaldin, Y.G. Structural–energetic approach to the wear and diagnostics of hardalloy tools [Текст] / Y.G. Kabaldin, D.A. Shatagin, V.O. Zotov // Russian engineering research. - 2016. - Т. 36.- № 8. - С. 658-664. (0,38 / 0,17 п. л.).

Соискателю принадлежит:

- проведение экспериментальных исследований;
- разработка алгоритмов для диагностики степени износа инструмента с использованием подходов нелинейной динамики и фрактального анализа сигнала ВАЭ.

6. Кабалдин, Ю.Г. Искусственный интеллект и кибер-физические механообрабатывающие системы в цифровом производстве / Ю.Г. Кабалдин, Д.А. Шатагин, М.С. Аносов, П.В. Колчин, А.М. Кузьмишина. Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – 271 с. (16,94 / 7). Соискателю принадлежит:

- разработка экспериментального стенда и проведение экспериментальных исследований;

- разработка алгоритмов для оценки степени динамической устойчивости процесса резания использованием подходов нелинейной динамики и фрактального анализа сигнала ВАЭ;

- результаты экспериментального исследования динамической устойчивости процесса резания с использованием количественных критериев нелинейной динамики и фрактального анализа;

- разработка структуры нейросетевой модели динамической устойчивости процесса резания с использованием параллельных вычислений nVidia CUDA;

- разработка концепции облачного хранения и интеллектуальной обработки данных на предприятиях в условиях цифрового производства;

- разработка концепции мультиагентного обучения группы металлорежущих станков в едином информационном пространстве предприятия;

На автореферат поступило 9 положительных отзывов:

1) ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, отзыв подписан доктором технических наук, профессором, Артамоновым Евгением Владимировичем. Замечания:

– к замечаниям следует отнести мелкие и плохо читаемые обозначения на графиках и рисунках автореферата.

2) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, отзыв подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Автоматизация производственных процессов» Гореловой Асей Юрьевной. Замечания:

– в работе предложена по сути интеллектуальная система поддержки принятия решения для назначения технологических параметров процесса, исходя из его предшествующего динамического состояния, однако экспериментальная проверка осуществлялась на устаревшем оборудовании и с использованием резцов без покрытия. Эти аспекты существенно влияют на динамическое состояние системы, в том числе на сигнал ВАЭ, что снижает точность оценки амплитуды автоколебаний. Почему не исследовались современные инструменты фирм Iscar, Sandvik Coromant, КЗТС?;

– из текста автореферата не следует, как именно осуществляется расчёт технологических параметров и формируется программа для ЧПУ. Предполагается ли отдельный модуль для смены программы «на лету» в случае необходимости? Какие СЧПУ можно использовать для такого подхода, ведь большинство из них являются закрытыми?;

– не совсем ясно, как проходит процесс заполнения БД и обучения нейросети: необходимо ли составлять свою БД для каждой пары «инструмент-деталь» для каждого типа операции, сколько деталей (проходов) необходимо для обучения сети и как именно корректируются технологические параметры обработки.

3) ФГУП "Федеральный научно-производственный центр "Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова", г. Нижний Новгород, отзыв подписан доктором технических наук, главным научным сотрудником научно-исследовательского отделения разработки радиотехнических и измерительных систем Ореховым Юрием Ивановичем и заместителем главного конструктора, начальник научно-исследовательского

отделения разработки автоматизированных систем и вычислительных устройств Куликовым Сергеем Валентиновичем. Замечания:

- в описании второй главы не рассмотрена фильтрация сигнала до аналого-цифрового преобразования. При фильтрации после преобразования отсутствует обоснование выбора wavelet фильтра;

- в примере, поясняющем формулу (1), отмечается зависимость запаздывания деформационных процессов от плотности дислокаций, хотя по формуле этот параметр сокращается. Также, при подстановке в формулу приведенных в скобках значений L и v получается другой порядок времени запаздывания;

- в описании пятой главы отсутствует анализ причин снижения амплитуды автоколебаний при нанесении на режущий инструмент предлагаемого покрытия. Непонятно, как связано нанесение покрытия с применением подходов нелинейной динамики и искусственного интеллекта;

- все результаты диссертационной работы опубликованы в соавторстве, поэтому важно выделение личного вклада диссертанта, что не отражено в автореферате.

4) ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново, отзыв подписан кандидатом технических наук, доцентом, кафедры «Технологические машины и оборудование» Егоровым Сергеем Анатольевичем. Замечания:

- среди входных факторов модели, влияющих на динамическую устойчивость, отсутствуют параметры, описывающие состояние заготовки, а именно: отношение длины к диаметру обрабатываемой поверхности и прогиб при изгибе;

- нет данных в автореферате о глубине резания, с которой проводилось резание;

- устойчивость процесса резания также будет зависеть от сечения тела резца и его вылета. Таких данных в автореферате нет.

5) ФГОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский

технический университет», г. Иркутск, отзыв подписан доктором технических наук, профессором, Свиным Валерием Михайловичем.
Замечания:

– недостатком созданной диссертантом автоматизированной системы управления процессом резания является необходимость проведения большого экспериментального исследования уровня автоколебаний во всей области предполагаемых режимов резания, что трудоемко. Представляется, что более эффективным путем решения этой задачи было бы создание направленного воздействия на процесс резания для подавления автоколебаний при всех сочетаниях технологических параметров;

– при разработке нейросетевой модели устойчивости процесса резания автор не учитывал влияние вторичного возбуждения автоколебаний вибрационным следом на поверхности резания, превышающем по мощности все известные механизмы первичного возбуждения.

6) ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, отзыв подписан кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Куимовым Евгением Александровичем. Замечания:

– из автореферата не ясно, на каких именно конструктивных элементах станка осуществлялось крепление пьезоэлектрических акселерометров для регистрации вибросигнала;

– в автореферате не приведено обоснование выбора рабочей полосы частот вибросигнала.

7) ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, отзыв подписан кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технология промышленного производства» Змеу Константином Витальевичем. Замечания:

– для оценки качества в работе использованы достаточно специфические косвенные критерии, такие как фрактальная размерность аттрактора, энтропия и значение старшего показателя Ляпунова. При этом

связь этих критериев с классическими показателями качества механообработки в работе не показана;

– при анализе факторов, влияющих на устойчивость процесса резания, в работе основное внимание уделено материалу заготовки и геометрическим параметрам режущей кромки резца. При этом можно допустить, что жесткость системы СПИД, её собственные частоты и резонансные эффекты здесь играют не менее важную роль, однако эти факторы остались за рамками изложения;

– из текста автореферата может сложиться впечатление, что обучение и тестирование нейронной сети в пятой главе выполнено на одних и тех же данных, что и привело к столь высокому совпадению при моделировании такого сложного динамического процесса, как токарная механообработка. Если так, то в этом случае нейросетевая модель реализовывала данные обучения, которые и так были известны.

8) ПАО ПКО «Теплообменник», г. Нижний Новгород, отзыв подписан кандидатом технических наук, начальником управления информационных технологий Стручковым Александром Владимировичем. Замечания:

– из автореферата не ясен выбор количества скрытых слоев нейросетевой модели динамической устойчивости процесса резания;

– недостаточно хорошо читаемые спектрограммы на рисунке 5.

9) ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород, отзыв подписан доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Татьяной Александровной Дуюн. Замечания:

– в качестве замечаний следует отметить опечатки и неточности в автореферате: на стр. 11 в верхнем абзаце не закончено предложение;

– на рис. 5 перепутаны обрабатываемый и получаемый диаметр и др.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана нейросетевая модель, характеризующая влияние условий

обработки на показатели динамической устойчивости процесса резания – амплитуду автоколебаний, фрактальную размерность аттрактора, энтропию сигнала и старший показатель Ляпунова.

предложены пути повышения эффективности обработки материалов резанием за счет применения подходов нелинейной динамики и искусственного интеллекта;

доказано, что первичный механизм возникновения автоколебаний при резании обусловлен временными структурными изменениями обрабатываемого материала и волновым характером движения структурных элементов в зоне стружкообразования, вызывающими деформационное упрочнение и накопление энергии упругой деформации. При этом наблюдается перестроение аттрактора системы резания с изменением его фрактальной размерности;

введено понятие нейросетевой модели динамической устойчивости процесса резания.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны взаимосвязи между параметрами резания и показателями динамической устойчивости процесса резания – амплитудой автоколебаний, фрактальной размерностью аттрактора, информационной энтропией сигнала ВАЭ и старшим показателем Ляпунова, на основе анализа полученных экспериментальных данных при токарной обработке.

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс методов исследования, основанный на фундаментальных положениях теории резания материалов и технологии машиностроения, теории синергетики, нелинейной динамики, аппарата искусственных нейронных сетей, фрактального анализа, высокопроизводительных вычислений nVidia CUDA, теории планирования эксперимента и теории пластической деформации металлов.

изложены факторы, определяющие динамическую устойчивость процесса резания;

раскрыты особенности механизма возникновения автоколебаний на основе подходов нелинейной динамики, фрактального анализа и атомно-дислокационного подхода к процессу резания;

изучено влияние параметров обработки, на динамическую устойчивость процесса резания с целью оптимизации режимов резания;

проведена модернизация алгоритмов нейросетевого моделирования динамической устойчивости процесса резания с использованием показателей нелинейной динамики и фрактального анализа.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны:

– нейросетевые алгоритмы моделирования и оптимизации динамической устойчивости процесса резания, повышающие эффективность механической обработки за счет выбора оптимальных параметров режимов обработки, обеспечивающих заданную динамическую устойчивость процесса резания;

– база данных динамической устойчивости процесса резания, содержащая информацию о векторе технологических параметров и соответствующем векторе динамического состояния процесса резания, используемых для обучения нейросетевой модели;

– разработан и запатентован токарный резец, позволяющий регистрировать сигнал ВАЭ и передавать его на основе беспроводных технологий передачи данных;

– предложен и запатентован состав наноструктурного износостойкого покрытия на режущий инструмент, повышающего динамическую устойчивость процесса резания.

Полученные результаты **внедрены** на предприятии ПАО «ГАЗ», г. Нижний Новгород, в учебном процессе кафедры «Технология и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева» и

лаборатории «Нанотехнологии в машиностроении» при подготовки бакалавров и магистров по направлениям 15.03.05 и 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

определены функциональные ограничения применяемой нейросетевой модели динамической устойчивости процесса резания при токарной обработке;

создана автоматизированная система, позволяющая управлять динамической устойчивостью процесса резания в зависимости от условий обработки с использованием современных информационных технологий;

представлены методические рекомендации по повышению динамической устойчивости процесса резания с позиции нелинейной динамики и фрактального анализа при токарной обработке.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием сертифицированного программного обеспечения, апробированных пакетов инженерных программ, общепринятых методик исследования процессов резания;

теория построена на известных, проверяемых данных, используемых в теории резания и технологии машиностроения, и согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными, в том числе других авторов;

идея базируется на анализе практики механической обработки деталей на машиностроительных предприятиях и необходимости повышения эффективности механической обработки с учетом обеспечения заданной динамической устойчивости процесса резания;

использованы результаты сравнения авторских данных и данных, полученных ранее, при исследовании динамической устойчивости процесса резания;

установлено качественное соответствие авторских результатов с

результатами работ, выполненных ранее, в частности, В.А. Кудиновым, И. Г. Жарковым, В. Л. Заковоротным, Б. М. Бржозовским;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации с обоснованием выбора объектов измерения.

Личным вкладом автора являются:

- подготовка плана, программы и задач исследования;
- разработка экспериментального стенда и проведение экспериментальных исследований по анализу динамической устойчивости процесса резания для различных условий обработки;
- разработка алгоритмов и программного обеспечения для обработки сигналов ВАЭ с использованием подходов нелинейной динамики и фрактального анализа;
- результаты исследования механизма возникновения автоколебания при резании с учетом структурных изменений в зоне стружкообразования;
- разработка структуры нейросетевой модели динамической устойчивости процесса резания;
- разработка структуры базы данных динамической устойчивости;
- разработка конструкции токарного резца с возможностью беспроводной передачи данных сигнала ВАЭ;
- результаты исследования влияния наноструктурного покрытия на динамическую устойчивость процесса резания;
- разработка концепции и ПО для автоматизированной системы управления динамической устойчивостью процесса резания;

Автором самостоятельно написан текст диссертации и автореферата, подготовлена электронная версия доклада для апробации и защиты.

На заседании 25 сентября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Шатагину Д.А. ученую степень кандидата технических наук.

Диссертация Шатагина Дмитрия Александровича «Повышение

динамической устойчивости процесса резания на основе подходов нелинейной динамики и искусственного интеллекта», полностью соответствует паспорту специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (п. 9), а её автор – Шатагин Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за решение задачи повышения эффективности механической обработки за счет управления динамической устойчивостью процесса резания на основе подходов нелинейной динамики и искусственного интеллекта.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек из них 6 человек докторов наук по специальности 05.02.07 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета

Полетаев Валерий Алексеевич



Ученый секретарь диссертационного
совета

Надеждин Игорь Валентинович

25.09.2018г.