

Федеральное государственное
автономное образовательное
учреждение высшего
образования «Пермский
национальный
исследовательский
политехнический университет»
(ПНИПУ)

Учёному секретарю
диссертационного совета
99.2.072.02
при Волгоградском
государственном техническом
университете
Родионову И.В.

614990, Пермский край, г. Пермь,
Комсомольский проспект, д.29,
тел. 8(342) 212-39-27,
факс 8(342) 219-80-67,
e-mail: rector@pstu.ru
<http://www.pstu.ru>

400005, г. Волгоград,
проспект им. В. И. Ленина, д. 28,
ВолгГТУ

№ _____

ОТЗЫВ официального оппонента

доктора технических наук, профессора, профессора ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» **Макарова Владимира Федоровича** на диссертационную работу **Крайнева Дмитрия Вадимовича** «Методология построения функционально-ориентированных интеллектуальных технологических систем механической обработки», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.5.6. Технология машиностроения и 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

1. Актуальность избранной темы.

Повышение адаптивности и автономности технологического оборудования является стратегически важной задачей, формирующей основу обеспечения конкурентоспособности и устойчивости предприятий поскольку позволяет решать ключевые проблемы современной промышленности: от гибкости производства до снижения затрат и повышения качества продукции.

Тема исследования полностью соответствует современным научным и практическим тенденциям и запросам, в частности цифровизации и интеллектуализации производства, имеет высокую значимость для развития отрасли, так как фокусируется на создании методологической базы для построения интеллектуальных систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям, оптимизировать процессы и минимизировать человеческий фактор.

Проведенный автором анализ существующих разработок охватывает исследования как отечественных, так и зарубежных научных школ в сфере повышения эффективности технологической подготовки и управления процессами резания, что подтверждает актуальность проведенного исследования. По результатам аналитического обзора корректно сформулирована научная проблема обеспечения надежности и стабильности результатов машиностроительного производства при условии, что применяемое оборудование имеет ограниченные технические возможности в части диагностики технологической системы в целом.

Таким образом, тема рассматриваемого диссертационного исследования является актуальной для современной технологии машиностроения и обработки материалов резанием.

2. Общая оценка структуры и содержания работы, соответствие автореферата и диссертации

Диссертация Крайнева Д.В. состоит из введения, пяти глав, заключения и выводов по работе, списка использованных источников и двух приложений. Диссертационная работа изложена на 312 страницах машинописного текста, включая приложения, содержит 79 рисунков и 79 таблиц, библиографический список из 287 наименований. Структура работа соответствует общепринятым нормам, форма и стиль изложения материала соответствуют требованиям к рукописным авторским научным работам.

Во введении обоснована актуальность и сформулировано содержание решаемой научной проблемы.

В первой главе представлены материалы и результаты аналитического обзора существующих подходов к автоматизации и интеллектуализации механообработки. Выявлены: недостаточная адаптивность систем, отсутствие единой методологии построения функционально-ориентированных решений; сформулирован тезис о недостаточной стабильности результатов обработки. Обоснована необходимость создания систем управления стабильностью технологического процесса и качеством обработки резанием, а также необходимость разработки методологии построения интеллектуальных технологических систем, способных к адаптивному управлению в динамических условиях.

Сформулированы и определены паспортные положения проведенного исследования: научная проблема, объект и предмет исследования, цель работы и задачи, научная новизна, практическая ценность, научные положения, выносимые на защиту.

Во второй главе описана методика проведения экспериментальных исследований, обработки и интерпретации полученных результатов; приведены технические характеристики и функциональные возможности металлорежущего и вспомогательного оборудования, применённого в экспериментальных исследованиях.

В третьей главе рассмотрены, с позиций обеспечения стабильности результатов обработки, закономерности процесса резания, механизмы износа инструмента. Приведены результаты экспериментальных исследований, оценка информативности диагностических каналов процесса резания, а также обоснование возможности и необходимости проведения многоэтапного мониторинга на основе многоканальной диагностики процесса резания как инструмента снижения влияния неопределенности технологической информации в производственных условиях.

В четвертой главе предложена и описана концепция «Электронного паспорта инструмента» как сквозного цифрового объекта адаптивной корректировки режимов резания и нормирования технологических операций, а также интеграции с информационными средствами обеспечения производственного процесса (CAM/MES/ERP), обеспечивающего переход к управлению производительностью на основе реальных цифровых следов эксплуатации инструмента, в целях повышения эффективности технологической подготовки и управления производственным процессом.

В пятой главе приведено подробное описание построения и анализа регрессионных моделей взаимосвязи результатов обработки (периода стойкости режущего инструмента и среднего арифметического отклонения профиля обработанной поверхности) от величины диагностических параметров. Разработана функциональная схема алгоритма работы интеллектуальной системы.

В заключении и основных выводах по работе сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Автореферат полностью отражает основное содержание работы. Основные положения исследования представлены в 108 научных публикациях, в том числе 47 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 14 статей в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах данных;. По предлагаемым техническим решениям получены 1 патент РФ на изобретение, 14 патентов РФ на полезные модели и 3 свидетельства на программы для ЭВМ.

3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность и обоснованность выдвинутых автором положений и выводов не противоречит теоретическим положениям, известным из научных публикаций, и также подтверждается комплексом методов и доказательств,

включая экспериментальные данные, статистическую обработку результатов, а также практическую апробацию.

4. Научная новизна полученных результатов.

Научная новизна работы заключается в решении научно-производственной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, и выражена в следующих пунктах:

- Разработана методология обеспечения стабильности технологических процессов, протекающих в условиях неопределенности технологической информации, за счет непрерывного мониторинга состояния технологической системы, основанного на комплексном анализе многофакторных сигналов сенсоров производственного оборудования, отражающих изменение состояния технологической системы.
- На основе математического моделирования установлена комплексная система взаимосвязей между условиями обработки, физико-механическими и теплофизическими свойствами материалов контактной пары «инструмент-заготовка», динамикой процессов изнашивания инструмента и формирования свойств обработанной поверхности.
- Предложена оригинальная информационная структура электронного паспорта режущего инструмента как сквозного цифрового объекта, обеспечивающего накопление и использование данных об условиях эксплуатации, остаточном ресурсе, результатах диагностики и рекомендациях по корректировке технологических режимов, интегрированная в контур цифровой технологической подготовки производства.
- На основе выявленных закономерностей разработан алгоритм и математические модели системы адаптивного управления процессом лезвийной обработки, позволяющие трансформировать металлорежущее оборудование в интеллектуальную технологическую систему,

обеспечивающую стабильное формирование комплекса эксплуатационных свойств изделия.

5. Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

1. Теоретическая значимость работы заключается в:

- Обосновании применения многопараметрической диагностики оценки состояния режущего инструмента, что расширяет теоретические представления о процессах изнашивания режущего инструмента в реальных условиях эксплуатации.
- Обосновании направления развития методов интеллектуального анализа процессов формирования свойств механически обработанной поверхности за счёт комплексной обработки диагностических данных различной физической природы (термо-ЭДС, силы резания, вибрации, шероховатость).
- Разработке концепции электронного паспорта инструмента, что позволяет формализовать представление о жизненном цикле инструмента и создаёт теоретическую основу для интеграции моделей оценки ресурса инструмента в цифровые производственные системы.

2. Практическая значимость заключается в разработке:

- функциональной схемы адаптивного управления процессом формирования комплекса эксплуатационных свойств изделий машиностроения на основе результатов непрерывного мониторинга состояния режущего инструмента непосредственно в процессе обработки;
- практических рекомендаций по реализации адаптивного управления процессом резания с учетом различных свойств материалов контактной пары;
- алгоритма работы с электронным паспортом инструмента, обеспечивающего интеграцию данных об остаточном ресурсе инструмента в системы планирования и управления производством (MES, ERP).

6. Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертации соответствует пунктам 3, 7, 8, 10 паспорта специальности 2.5.6. Технология машиностроения и пунктам 2, 3, 4, 6 паспорта специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

7. Замечания

1. В первой главе диссертационной работы особый акцент ставится на проблемах многономенклатурного производства. Однако предлагаемые автором решения не имеют четкой привязки к данному типу производств.
2. В первой и третьей главах соискателем излишне много внимания уделяется на констатацию основных известных положений технологии машиностроения и разделов теории резания материалов, касающихся кинематики, динамики, теплофизики процессов резания, структурных и дислокационных явлений в обработанном резанием поверхностном слое заготовок деталей.
3. Из текста диссертации непонятны область применения предлагаемых решений с точки зрения обрабатываемых материалов, а также режущего инструмента.
4. В работе не рассмотрены существующие сегодня актуальные проблемы импортозамещения и ускоренного выбора режущих инструментов, приводятся данные только по импортному инструменту.
5. В диссертационном исследовании не затронут вопрос влияния на процесс резания смазочноохлаждающих жидкостей при существующей сегодня реальной проблемы замены импортных СОЖ на отечественные.
6. В тексте диссертации не представлены продекларированные прогнозные модели. Результаты математического моделирования ограничиваются нормированными моделями или табличным представлением.

7. Алгоритм методики оценки работоспособности и ресурса режущего инструмента с формированием электронного паспорта инструмента ограничивается представлением и описание функциональной схемы.

8. Не приведены примеры практической реализации предложенных методик и электронного паспорта инструмента в производственных условиях.

Замечания редакционного характера:

1. В тексте диссертации формулируются четыре основные задачи исследования. При этом задачи имеют нумерацию №5-8, что, по-видимому, является опечаткой.

2. На стр. 104-105 приведенные формулы имеют нумерацию 9-13, хотя до того момента и после формулы имеют нумерацию в рамках соответствующей главы (например, 2.8 или 2.14).

3. Подзаголовки 2.4.6 и 2.4.7 (стр. 113) имеют разный стиль оформления.

4. В подрисуночных подписях к рисункам 3.2 (стр. 138), 3.20 (стр. 159), 3.21 (стр. 161), 3.36 - 3.38 (стр. 181-183) не указан масштаб, что затрудняет оценку и сравнение результатов.

5. Рисунок 3.32 (стр. 176) непонятна единица измерения вертикальной шкалы спектрограмм.

6. В библиографическом списке присутствует дублирование источников, например 136 и 137 на стр. 282.

Указанные замечания не снижают общей положительной характеристики диссертационной работы и не влияют на полученные теоретические и практические результаты, но могут служить предложениям по дальнейшему развитию этого важного актуального научного направления в технологии машиностроения .

8. Заключение

Диссертационная работа Крайнева Дмитрия Вадимовича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей важное значение для развития технологии машиностроения и обработки материалов резанием в автоматизированном производстве.

Работа выполнена на высоком научном и методологическом уровне с использованием современных инструментальных средств и методик, а основные выводы достаточно обоснованы и подтверждены результатами экспериментов. Диссертация соответствует требованиям п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства №842 от 24.09.2013 с соответствующими изменениями.

Считаю, что соискатель Крайнев Дмитрий Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения и специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор
ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
профессор кафедры «Инновационные технологии машиностроения». Специальность 05.03.01 - Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент.

Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29. Тел.: (342) 2198236, адрес электронной почты makarow@pstu.ru



Макаров Владимир Федорович

20.11.2025

Подпись доктора технических наук, профессора Макарова В.И.
Заверяю: ученый секретарь Ученого совета ПНИПУ
кандидат исторических наук, доцент



Макаревич В.И.

« 29 » ЛИСТОВ	Вх. № 0.15-65-206 « 28 » 11 2025 г. ВолгГТУ
------------------	---

С отзывом ознакомлен
01.12.2025