



тольяттинский
государственный
университет



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
(ТГУ)

ОКПО 55914968
ОГРН 1036300997567
ИНН 6320013673
КПП 632401001

Белорусская ул., 14, г. Тольятти,
Самарская обл., 445020
Телефоны: (8482) 44-94-44, 44-94-24
Факс (8482) 37-85-89
E-mail: office@tltsu.ru
<https://www.tltsu.ru>

11.11.2025 № 030493

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-
инновационной деятельности,
к.т.н., доцент
Петерайтис Сергей Ханцасович



«11» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ ведущей организации

на диссертацию 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

Общие сведения о диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и выводов по работе, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем составляет 312 страниц, в том числе собственно текст диссертации на 299 страницах и 2 приложения на 13 страницах. Работа включает 79 рисунков, 79 таблиц, библиографию из 287 наименований.

В национальной электронной библиотеке Elibrary.ru приведены сведения о 108 публикациях Д. В. Крайнева по теме диссертационного исследования, в том числе: 47 журнальных статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК, из них 7 статей, индексируемых в RSCI, 14 статей – в Scopus и WoS; 1 патента РФ на изобретение, 14 патентов на полезную модель и 3 свидетельства о гос. регистрации программы для ЭВМ. Требования п.п. 11, 13 «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции от 25.01.2024 г. выполнены. Диссертация прошла апробацию на научно-технических и научно-

практических конференциях, тематика которых совпадает с основным направлением исследований соискателя.

Содержание работы достаточно полно отражено в автореферате и научных публикациях по теме проведенных исследований. Диссертация изложена грамотным техническим языком. Следует отметить выдержанную **структуру диссертационной работы**:

- во **введении** обоснована актуальность исследования, сформулирована научная проблема, определены цель и задачи работы. Представлены ключевые элементы научного аппарата: объект и предмет исследования, научная новизна, практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

- в **первой главе**, на основе обзора литературных источников, автором выполнен анализ современного состояния проблемы автоматизации и интеллектуализации механообработки, выявлены ключевые пробелы (недостаточная адаптивность существующих систем, отсутствие единой методологии построения функционально ориентированных решений), аргументирована необходимость разработки интеллектуальных систем адаптивного управления, обоснована потребность в создании механизмов обеспечения стабильности технологического процесса и качества обработки, сформулированы цель и задачи исследования.

- во **второй главе** описана методика проведения экспериментальных исследований, обработки и интерпретации результатов экспериментальных исследований; даны технические характеристики и описаны функциональные возможности применённого оборудования.

- в **третьей главе** приводится описание исследований фундаментальных закономерностей процесса резания и механизмов износа инструмента. Приведены результаты экспериментальных исследований. Проведена оценка информативности диагностических каналов процесса резания, обоснована необходимость многоэтапного мониторинга на основе многоканальной диагностики процесса резания как инструмента снижения влияния неопределенности технологической информации в производственных

условиях. Выводы и рекомендации по третьей главе изложены логично и подтверждены результатами экспериментов.

– в **четвертой главе** обоснована необходимость цифровизации технологической подготовки производства (ТПП) и предложены подходы к формализации и оптимизации проектных процедур. Предложена концепция «Электронного паспорта инструмента» (ЭПИ) как сквозного цифрового объекта, обеспечивающего накопление данных о состоянии и истории эксплуатации инструмента, динамическую корректировку норм времени с учётом его реального состояния. Сформулирована методология оценки работоспособности и ресурса режущего инструмента в рамках концепции ЭПИ. Предложен комплексный системный подход к интеллектуализации ТПП, позволяющий обеспечить сквозную управляемость, гибкость и адаптивность производства. Выводы по четвертой главе сформулированы корректно, имеют практическую направленность и потенциал для тиражирования на предприятиях машиностроительной отрасли.

– в **пятой главе** выполнены построение и оценка регрессионных моделей, описывающих взаимосвязь между технологическими условиями обработки, мгновенным (фактическим) состоянием режущего инструмента и параметрами качества обработанной поверхностей (среднего арифметического отклонения профиля R_a), с учетом вариативности свойств материалов контактной пары «инструмент–заготовка», а также оценки ресурса режущего инструмента, взаимосвязи результатов обработки от величины диагностических параметров. Разработана функциональная схема алгоритма работы интеллектуальной системы. Выводы по пятой главе сформулированы корректно.

Цель и задачи исследования обоснованы проведенным анализом состояния технологической подготовки многономенклатурного производства, включая: изучение методологии управления динамическими техническими системами; оценку потенциала цифровых средств повышения эффективности производства; анализ литературных источников по технологической подготовке и управлению операциями механической обработки.

Изложенные в заключении и выводах по работе положения сформулированы на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований, логичны и корректны.

Работа имеет завершенный характер, логично изложена и достаточно аргументирована. Общие выводы соответствуют заявленным цели и задачам исследования, полностью характеризуют научную новизну и практическую значимость работы. Материалы диссертации изложены последовательно, выводы и предлагаемые технические и технологические решения аргументированы, оформление работы соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат диссертационной работы по содержанию соответствует диссертации, дает возможность судить о целях и задачах исследования, в полной мере отражает структуру работы, научные результаты и выводы.

В целом по объему и структуре диссертационная работа Крайнева Д. В. соответствует установленным требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по заявленным специальностям 2.5.6. Технология машиностроения (технические науки) и 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

Проведенные автором исследования выполнены на основе фундаментальных положений технологии машиностроения, теории резания материалов, материаловедения, механики разрушения и физики твердого тела. Используются современное производственное, диагностическое, измерительное и аттестованное лабораторное оборудование. Достоверность результатов экспериментальных исследований обеспечена корректным применением методик статистического анализа, включая регрессионный анализ и многофакторное планирование эксперимента. Все вышеизложенное позволяет утверждать, что автору удалось решить все поставленные задачи диссертационного исследования.

Актуальность темы

Одним из важнейших условий успешного развития национальной экономики и обеспечения технологического суверенитета является использование

передовых производственных технологий, включая цифровизацию промышленности. В условиях высокой динамики изменения ассортимента изделий и короткого жизненного цикла продукции критически важно быстро перестраивать производственные процессы, сохраняя стабильность качества при минимальных издержках. Процессы резания продолжают играть доминирующую роль в металлообработке благодаря технологической гибкости, высокой производительности и точности. Существующие технические и технологические решения в металлообработке не в полной мере справляются с задачами обеспечения высокой эффективности и «импортонезависимости» производства. Функциональные возможности современного промышленного металлообрабатывающего оборудования с ЧПУ не гарантируют полноценного управления процессом формирования эксплуатационных свойств изделия, поскольку в них отсутствуют средства полноценного мониторинга процесса резания и состояния элементов технологической системы, а также возможности обратной связи по результатам диагностики и адаптивного управления. Применение интеллектуальных систем механической обработки, способных адаптироваться к изменяющимся условиям, оптимизировать процессы и минимизировать человеческий фактор, открывает новые возможности для повышения эффективности и качества производства. Разработка методологической базы для подобных систем соответствует современным научным и практическим тенденциям. Поэтому можно заключить, что диссертация Крайнева Д.В. направлена на решение актуальных проблем современной промышленности, связанных с повышением адаптивности, стабильности и конкурентоспособности производства.

Целью исследования заявлено повышение эффективности механообрабатывающих производств за счет активного управления формированием качества изделий машиностроения по результатам оперативной диагностики состояния элементов технологической системы на основе физических закономерностей процессов лезвийной механической обработки.

Достоверность и новизна основных научных положений, выводов и

рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается грамотным использованием теоретических методов исследования в сочетании с экспериментальными, корректным доказательным статистическим анализом результатов, практической апробацией разработок. Сформулированные выводы и положения не противоречат теоретическим положениям, известным из научных публикаций.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием современного технологического и лабораторного оборудования, инструментов, средств измерения, соответствующих характеру решаемых задач, требованиям по техническим возможностям и метрологическим характеристикам.

Это позволяет **положительно оценить достоверность** разработанных научных положений. Анализ теоретических результатов, полученных автором, позволяет утверждать, что они обладают научной новизной.

Выводы по главам и работе сделаны на основе логичного анализа фактического материала, соотносятся с задачами исследования, имеют теоретическое и экспериментальное подтверждение, что говорит об их достоверности.

Первый пункт заключения является обоснованным, так как основывается на выполненном анализе состояния технологической подготовки производства, вопросов методологии управления динамическими техническими системами, а также средств повышения эффективности производства.

Второй и третий выводы являются обоснованными, так как базируются на теоретических положениях и подтверждаются экспериментальными исследованиями, описанными в третьей главе.

Четвертый вывод является обоснованным, т. к. основывается на результатах экспериментальных исследований (вторая и третья главы диссертации) и поискового конструирования. Дополнительным обоснованием новизны предложенных решений можно считать документы, подтверждающие их оригинальность.

Пятый вывод является обоснованным, так как основывается на результатах

математической обработки результатов экспериментальных исследований с оценкой величины относительной погрешности, доверительной вероятности и статистической значимости результатов.

Шестой вывод является обоснованным, так как основан на систематизации и структурировании результатов диссертационного исследования.

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертационной работе, достаточно **обоснованы** с научной и технической точек зрения и **подтверждаются результатами** расчетных и экспериментальных **исследований**. Обоснованность положений обеспечивается использованием современных методов научного исследования, а именно научных основ технологии машиностроения, теории резания, материаловедения, теории автоматического управления и математической статистики.

Рекомендации автора выработаны на основе теоретической проработки вопроса, результатов экспериментальной проверки в лабораторных условиях и производственной экспертизы. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о достоверности и научной новизне рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Таким образом, анализ работы говорит, что основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, **достоверны и содержат научную новизну**.

Научная значимость результатов

Научная значимость заключается в решении актуальной научно-производственной проблемы обеспечения надежности и стабильности результатов механообрабатывающего производства в условиях неопределенности исходной технологической информации и функциональных ограничений применяемого оборудования и механизмов за счет разработанной методологии управления стохастическими процессами. Предложенные и обоснованные в работе Д. В. Крайнева методологические решения включают перманентный мониторинг состояния основных элементов технологической системы, на основе комплексного анализа сигналов системы штатных датчиков оборудования и

выделение информативных признаков, отражающих изменение состояния технологической системы. Отдельными пунктами научной значимости целесообразно отметить: обоснование применения многоканальной диагностики в задачах оценки состояния режущего инструмента, что расширяет теоретические представления о процессах изнашивания режущего инструмента в реальных условиях эксплуатации; обоснование 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); концепцию электронного паспорта инструмента, как способа формализации представления о жизненном цикле инструмента и информационной основы для интеграции моделей оценки ресурса инструмента в цифровые производственные системы; система взаимосвязей и количественное описание закономерностей между технологическими условиями обработки, характеристиками конструкционного и инструментального материалов и динамикой износа режущей кромки; обоснование возможности построения прогностических моделей остаточного ресурса режущего инструмента с учётом влияния реальных производственных факторов и ограничений на основе физических представлений о процессах стружкообразования и изнашивания инструмента при резании.

Разработанные теоретические положения и методические рекомендации могут служить основой для дальнейших исследований в области интеллектуального управления ресурсом технологической оснастки и создания адаптивных производственных систем.

Практическая значимость результатов

Практическая ценность работы заключается в комплексном решении задачи обеспечения стабильности результатов механообрабатывающего производства, что способствует снижению затрат на инструментальное обеспечение, увеличению времени безаварийной работы оборудования и общему повышению эффективности производственного процесса. Предложенные методы управления

работоспособностью режущего инструмента имеют выраженную прикладную ценность, что подтверждается следующими результатами:

- практические рекомендации по проактивному адаптивному управлению процессом резания дают возможность учитывать вариабельность свойств материалов контактной пары «инструмент-деталь», прогнозировать и предотвращать отклонения от заданных параметров обработки, минимизировать брак за счёт своевременной корректировки режимов резания;

- методические рекомендации по оперативной оценке работоспособности инструмента обеспечивают объективный контроль текущего состояния режущего инструмента и выявление признаков износа и предкритических состояний, сокращение внеплановых остановок оборудования из-за выхода инструмента из строя;

- структура электронного паспорта инструмента (ЭПИ) позволяет систематизировать данные об остаточном ресурсе инструмента, интегрировать информацию в цифровые системы планирования и управления производством (MES, ERP), оптимизировать графики замены инструмента, формировать базу данных для анализа эффективности инструмента и совершенствования технологических процессов.

Соответствие специальности

Проведенные автором исследования и их результаты соответствуют формуле и областям исследования, определенным в паспорте научной специальности 2.5.6. Технология машиностроения:

3) Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения.

7) Технологическое обеспечение и повышение качества поверхностного слоя, точности и долговечности деталей машин.

8) Проблемы управления технологическими процессами в машиностроении.

10) Цифровые технологические процессы и производства в машиностроении.

научной специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и

физикс-технической обработки:

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.

3) Исследование механических и физико-технических процессов в целях определения параметров оборудования, агрегатов, механизмов и других комплектующих, обеспечивающих выполнение заданных технологических операций и повышение производительности, качества, экологичности и экономичности обработки.

4) Создание, включая проектирование, расчеты и оптимизацию, параметров рабочего инструмента и других компонентов оборудования, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы обработки.

По работе имеется ряд **вопросов и замечаний**

1. Из текста диссертации непонятно, какие технические средства используются для реализации предлагаемых технико-технологических решений на промышленном оборудовании.

2. Из работы не вполне понятно, каким образом учитывается вариативность свойств сменных режущих пластин с различной геометрией, а также составом и характеристиками износостойких покрытий.

3. В работе не полностью раскрыта методика съема сигнала термо-ЭДС, используемая при выполнении операции на станке с ЧПУ.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на значимость теоретических и практических результатов исследования. Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором при планировании дальнейших исследований.

Заключение о соответствии диссертации

1. Диссертация выполнена на актуальную тему. Научные результаты, полученные автором, вносят существенный вклад в развитие и направление совершенствования автоматизированного технологического оборудования, а

также управления процессами механической обработки и производством в целом. Работу можно классифицировать как перспективное направление развития науки и техники. Выводы обоснованы. Исследование имеет характер завершенной научно-квалификационной работы, в которой содержится решение проблемы, имеющей практическое применение в современном машиностроении.

2. Автореферат корректно и полно отражает содержание диссертации.

3. Проведенные автором исследования и их результаты по содержанию, научной новизне и практической значимости соответствуют паспортам научных специальностей 2.5.6 Технология машиностроения и 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

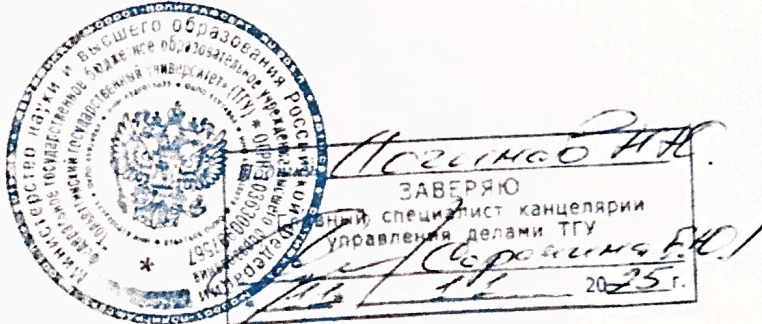
4. Содержание исследования достаточно полно отражено в открытой печати в опубликованных автором научных работах, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Учитывая значимость материалов диссертации для науки и практики, актуальность тематики, личный вклад соискателя, уровень обсуждения результатов в печати и на конференциях, следует признать диссертационную работу «Методология построения функционально-ориентированных интеллектуальных технологических систем механической обработки» по своему содержанию, объему, актуальности, научной и практической значимости, соответствующей требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, предъявляемым к докторским диссертациям и определенным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. за № 842 с изменениями на 16.10.2024 г., а ее автора, Крайнева Дмитрия Вадимовича, заслуживающим присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.5.6 Технология машиностроения и 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Отзыв обсужден и единогласно одобрен на расширенном заседании кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» ТГУ, протокол № 5 от «11» ноября 2025 г. В обсуждении работы приняли участие

Заведующий кафедрой
«Оборудование и технологии
машиностроительного
производства» ФГБОУ ВО
«Тольяттинский государственный
университет»
старший научный сотрудник,
канд. техн. наук, доцент,
специальность:
05.02.08. Технология
машиностроения

Я, Логинов Николай Юрьевич, даю согласие на обработку персональных данных.



« 12 »
ЛИСТОВ

Вх. № 0.15-65-205
« 19 » 11 2025.
ВолгГТУ