

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
“ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”
(ВолгГТУ)

пр. им. В. И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005
телефон: 844-223-00-76 факс: 844-223-41-21 e-mail: rector@vstu.ru <http://www.vstu.ru>

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

Волгоградского государственного
технического университета

Чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор

С. В. Кузьмин

«09» сентября 2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Гайста Сергея Валерьевича на тему «Обеспечение точности размеров, формы и шероховатости поверхностей корпусных деталей из стеклопластика с нежесткими стенками на операциях фрезерования на станках с ЧПУ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения

Общие сведения о диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Общий объем составляет 175 страниц, в том числе собственно текст диссертации на 127 страницах и 2 приложения на 21 странице. Работа включает 77 рисунков, 31 таблицу, библиографию из 172 наименований.

В национальной электронной библиотеке Elibrary.ru приведены сведения о 27 публикациях С. В. Гайста по теме диссертационного исследования, в том числе: 7 журнальных статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК, из них 4 статьи, индексируемые в RSCI, 2 статьи – в Scopus и WoS; 2 патента РФ на изобретение, 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство 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 темы диссертации, представлены цель, задачи, методология и методы исследования, научная новизна и практическая значимость работы.
- В **первой главе**, на основе обзора литературных источников, автором выполнен анализ областей применения современных композиционных материалов и технических требований к деталям из них, особенностей процесса лезвийной механической обработки деталей из композиционных материалов, выбран программный комплекс для анализа динамических процессов резания композиционных материалов, выявлены температурные ограничения механической обработки, сформулированы цель и задачи исследования.
- Во **второй главе** приведены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния режимов резания и износа инструмента на выходные параметры фрезерования деталей из стеклопластика. На основе проведенных экспериментальных исследований получены эмпирические зависимости, описывающие зависимость силы резания и среднее арифметическое отклонение профиля Ra от режимов обработки, а так же влияние износа режущего инструмента на изменение силы резания и шероховатости. Выводы и рекомендации по второй главе изложены логично и подтверждены результатами экспериментов. Результаты экспериментальных исследований согласуются с теоретическими положениями диссертационной работы.
- В **третьей главе** выполнено построение имитационной модели напряженно-деформированного состояния заготовки в результате взаимодействия с режущим инструментом. Имитационная модель построена корректно, используемые при этом допущения и упрощения не критичны. Выполнено исследование имитационной модели напряженно-деформированного состояния системы «заготовка-инструмент». Проведенное имитационное моделирование

позволило получить расчетно-экспериментальную модель на основе безразмерных зависимостей для расчёта величины деформации нежестких стенок заготовки в зависимости от режимов обработки стеклопластика при фрезеровании и оценки влияния износа режущего инструмента. Выводы, представленные в третьей главе, являются корректными и обоснованными.

- В **четвертой главе** для проектирования операции фрезерования корпусных деталей с нежесткими стенками из стеклопластика разработана методика управления точностью размеров, формы и шероховатости обработанной поверхности. Выбран метод синтеза и принятия технических решений, построены модели оценки технических решений, создан информационный массив для синтеза способов управления показателями точности. Разработана система стабилизации силы резания и обоснован способ обеспечения заданной производительности обработки стеклопластика за счет сочетания адаптивного управления подачей при черновом и чистовом фрезеровании. Выводы по четвертой главе сформулированы корректно.

Цель и задачи исследования обоснованы проведенным литературным и патентным обзорами, анализом существующих способов обработки неметаллических, в том числе, композиционных, материалов и методов моделирования упругих деформаций сложных пространственных конструкций.

Изложенные в заключении основные выводы по работе в целом сделаны 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 7.0.1 1-2011. Автореферат диссертационной работы соответствует содержанию 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 Гайста С. В соответствует установленным требованиям ВАК к кандидатской диссертации по заявленной специальности 2.5.6 – Технология машиностроения (технические науки).

Проведенные автором исследования выполнены на основе положений технологии машиностроения, теории резания, теории упругости анизотропного тела, моделирования напряженного состояния зоны резания, теории автоматического управления. Использованы аттестованное лабораторное оборудование, поверенные приборы, компьютерные программные комплексы. Полученные результаты расчетов и экспериментов проверены в условиях реального производства.

Все вместе позволяет утверждать, что автору удалось решить все поставленные задачи диссертационного исследования.

Актуальность темы

Развитие современной промышленности неразрывно связано с широким использованием полимерных композиционных материалов, обладающих высокими физико-механическими характеристиками в сочетании с меньшей массой и стоимостью в сравнении с традиционными конструкционными материалами – металлами и сплавами.

Композиционные материалы имеют высокую прочность и отличаются относительно малой плотностью. Применение в различных отраслях промышленности находят изделия из полимеров, упрочненных стеклянными волокнами или тканями, например, стеклотекстолиты марок СТ, СТЭФ, СТЭБ и т. д., однако при механической обработке изделий из таких материалов возникают определенные трудности: режущий инструмент быстро изнашивается, что снижает качество обработанной поверхности, производительность обработки и увеличивает затраты производства; невысокая жесткость материала провоцирует большие упругие деформации при воздействии силы резания, что сказывается на точности получаемых размеров и форме обработанной поверхности, особенно заметно это проявляется при обработке корпусных деталей с нежесткими стенками.

Обработка резанием композиционных полимерных материалов обладает рядом особенностей, отличающих ее от аналогичной обработки металлов и сплавов, что объясняется рядом их свойств: ярко выраженная анизотропия; относительная сложность получения высокого качества поверхности вследствие высоких прочностных характеристик композиционных материалов, а также из-за их слоистой структуры; высокая твердость наполнителя и его абразивное воздействие на режущий инструмент; низкая теплопроводность и высокие упругие свойства.

В связи с этим проблема механической обработки корпусных деталей с нежесткими стенками из композиционных материалов с гарантированным качеством обработанной поверхности и достаточной производительностью обработки является актуальной для современной промышленности.

С учетом приведенного выше, а также принимая во внимание значительный процент фрезерных операций в общем объеме механической обработки, ограниченность сроков проектирования технологических процессов и большую вариативность технологических решений при проектировании операции, тема диссертационной работы Гайста С. В. **является актуальной.**

Целью исследования заявлено обеспечение требуемых показателей точности размеров, формы и шероховатости поверхностей корпусных деталей из стеклопластика с нежесткими стенками путем управления процессом резания на операциях фрезерования на станках с ЧПУ

Достоверность и новизна основных научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность научных положений, результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе, обеспечивается грамотным использованием теоретических методов при построении имитационных моделей, обоснованностью принятых допущений. Представленные математические выкладки корректны, не содержат очевидных ошибок. Полученные математические зависимости непротиворечивы и прошли экспериментальную проверку.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием современ-

ного технологического оборудования, инструментов, средств измерения, соответствующих характеру решаемых задач, требованиям по техническим возможностям и метрологическим характеристикам.

Это позволяет положительно оценить **достоверность** научных положений, разработанных в третьей главе работы. Анализ теоретических результатов, полученных автором, дает право утверждать, что они обладают научной новизной.

Выводы по главам и работе в целом 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 вопроса обеспечения технических требований на операциях механической лезвийной обработки корпусных деталей с нежесткими стенками из стеклопластика.

Второй вывод является обоснованным, так как подтверждается экспериментальными исследованиями приведенными во второй главе.

Третий вывод является обоснованным, так как базируется на теоретических положениях, представленных в третьей главе и подтверждённых расчетно-экспериментальным путем. Допущения и упрощения, использованные при теоретических исследованиях, не критичны.

Четвертый вывод является обоснованным, т.к. основывается на результатах поискового конструирования и полученных документах подтверждающие авторские права на разработанные способ.

Пятый вывод является обоснованным, так как основывается на теоретических положениях и экспериментальных исследованиях, представленных в четвертой главе.

Шестой и седьмой выводы констатируют результаты внедрения проведенных автором в рамках обозначенной темы экспериментальных и теоретических исследований в условиях действующего производства, а также в учебном процессе в образовательной организации.

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертационной ра-

боте, 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, теории упругости анизотропного тела, имитационного моделирования.

Рекомендации автора выработаны на основе теоретической проработки вопроса, результатов экспериментальной проверки в условиях лаборатории, а также промышленного внедрения. На основании этого 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**.

Теоретическая значимость результатов

Теоретическая значимость заключается в решении актуальной научно-производственной задачи гарантированного обеспечения требуемой геометрической точности и микрогеометрии поверхности корпусных деталей с нежесткими стенками из стеклопластика на операциях фрезерования на станках с ЧПУ. В частности, разработана математическая модель деформации под действием сил резания нежесткой стенки корпусной детали из стеклопластика, представленная в виде безразмерных зависимостей и обоснована возможность компенсации погрешностей формы при фрезеровании за счет использования двухконтурной системы адаптивного управления – первый контур отвечает за компенсацию погрешностей, вызванных изменением жесткости стенки стеклопластиковой корпусной детали в результате совокупного влияния технологических условий обработки; второй контур минимизирует влияние случайных факторов.

Практическая значимость результатов

Практическая ценность работы очевидна. Автором решены достаточно сложные научно-технические задачи, использование которых позволяет добиться технического и экономического эффекта. Рекомендации автора, направленные на

обеспечение требуемых показателей точности размеров, формы и шероховатости поверхностей корпусных деталей из стеклопластика с нежесткими стенками путем управления процессом резания на операциях фрезерования на станках с ЧПУ с помощью двухконтурной системы стабилизации силы резания, представляют интерес для промышленности и внедрены в производство, что подтверждено актом внедрения и расчетом годового экономического эффекта, приложенными к работе.

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.

По работе имеется ряд вопросов и замечаний

1. Как регистрируются прижоги стеклопластика при фрезеровании?
2. Как модель учитывает расслоение волокон и налипание полимерного связующего на рабочие поверхности инструмента?
3. В работе предложен механизм формирования показателей точности. Цель реализации алгоритма формирования точности или показателей точности?
4. Каким методом измеряли температуру в зоне резания?
5. Предложена номограмма для определения оптимальных условий работы, как пользоваться этой номограммой?
6. В алгоритме реализована обратная связь, как физически изменить режимы обработки, не прерывая управляющую программу? Как это реализовано в вашей системе?
7. Какие критерии отбора используются для выбора синтезированных на И-

ИЛИ-графе технологических решений с целью их последующей реализации?
Оптимальны ли выбранные решения?

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 высокоэффективных методов обработки деталей из композиционных материалов. 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 паспорту научной специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

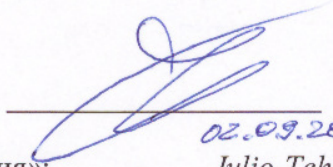
4. Содержание исследования достаточно полно отражено в открытой печати в опубликованных автором научных работах, в том числе, в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

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 «Обеспечение точности размеров, формы и шероховатости поверхностей корпусных деталей из стеклопластика с нежесткими стенками на операциях фрезерования на станках с ЧПУ» по своему содержанию, объему, актуальности, научной и практической значимости, соответствующей требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, предъявляемым к кандидатским дис-

сертификациям 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, Гайста Сергея Валерьевича, заслуживающим присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Отзыв обсужден и единогласно одобрен на расширенном заседании кафедры «Технология машиностроения» ВолгГТУ с участием кафедр «Автоматизация технологических процессов» ВолгГТУ, «Технология машиностроения» Камышинского технологического института (КТИ, филиал ВолгГТУ) и «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (ВПИ, филиал ВолгГТУ), протокол № 1 от 02 сентября 2025 г. В обсуждении работы приняли участие 20 преподавателей, в т. ч. 11 докторов и 9 кандидатов технических наук по специальностям 05.02.07 (05.03.01, 2.5.5), 05.02.08 (2.5.6), 05.13.06 (2.3.3).

Заведующий кафедрой
«Технология машиностроения»
ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный
технический университет»
докт. техн. наук, профессор,
специальности:
05.02.08 – «Технология машиностроения»;
05.13.06 – «Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами в машиностроении»



Юлий Львович
Чигиринский

02.09.2025

Julio-Tchigirinsky@yandex.ru;
techmash@vstu.ru

тел. 844-224-84-29

