

В объединенный диссертационный совет 99.2.001.02,  
созданного на базе ФГБОУ ВО  
«Ульяновский государственный  
технический университет»  
и ФГБОУ ВО «Гольянтинский государственный  
университет»,  
Председателю диссертационного совета,  
д.т.н., профессору В.П. Табакову  
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ,  
диссертационный совет 99.2.001.02.

## ОТЗЫВ

официального оппонента Гузеева В.И. на диссертацию и автореферат Назарова М.В.  
«Повышение эффективности производства нежестких корпусных деталей путём  
автоматизации этапов ТПП и введения в зону резания энергии УЗ- поля», представленной  
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

### 1. Структура и объём работы

Диссертация выполнена в Ульяновском государственном техническом университете и состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка (104 наименования) и приложений.

Основное содержание работы изложено на 193 страницах и включает 84 рисунка и 33 таблицы.

Во **введении** обоснована актуальность работы, её практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** выполнен анализ патентной и научно-технической информации по основным методам и технологии фрезерования тонкостенных нежестких заготовок и обеспечению параметров качества поверхностного слоя (ПС) деталей из алюминиевых и титановых сплавов в контексте современных тенденций технического прогресса. Показано существенное влияние технологических остаточных напряжений (ТОН) на стабильность геометрических размеров готовых тонкостенных нежестких деталей. Предложены методы снижения теплосилового напряженности зоны резания, обеспечивающие уменьшение уровня ТОН. Показано, что это достигается, прежде всего, за счет уменьшения трения в контактных зонах при механической обработке в ультразвуковом поле. Доказана возможность воздействия на характеристики состояния ПС и размерную точность путём рационального использования энергии ультразвукового (УЗ) поля. Показана область процессов, автоматизация которых позволит существенно сократить затраты на технологическую подготовку производства (ТПП) нежестких деталей машин. Сформулированы цели и задачи работы.

**Вторая глава** содержит разработанный соискателем алгоритм автоматизированного назначения элементов режима резания при фрезеровании заготовок нежестких деталей машин. Предложены методики расчёта деформаций нежестких стенок в процессе обработки, на которых базируется работа алгоритма.

Расхождение результатов численного и конечно-элементного расчётов деформаций в NX CAE не превышает 7%, что свидетельствует об адекватности разработанных автором математических зависимостей.

В **третьей главе** приведена методика экспериментальных исследований, включающая в себя оценку технологической эффективности автоматизированного назначения режима резания при обработке заготовок из титановых и алюминиевых сплавов.

**Четвертая глава** посвящена анализу полученных результатов экспериментального исследования влияния УЗ - поля на процесс фрезерования заготовок нежестких деталей.

В **пятой главе представлены** разработанные по результатам исследований технологические рекомендации по проектированию технологических процессов фрезерования нежестких элементов заготовок и методика оценки экономической эффективности применения решений, предложенных автором.

**Список использованной литературы** содержит наименования 95 публикаций, достаточно полно отражающих состояние отечественных и зарубежных исследований по рассматриваемой проблеме.

**Приложения** включают в себя акт внедрения результатов диссертационного исследования и расчёт ожидаемого эффекта от внедрения в единичное многономенклатурное производство.

**В целом,** по объёму и структуре диссертационная работа имеет внутреннее единство и написана в соответствии с установившимися традициями. Структура диссертации логична, соответствует цели и задачам исследования.

## 2. Актуальность темы диссертации

В настоящее время в конструкциях летательных аппаратов, а также узлов и изделий высокоскоростного наземного и водного транспорта, все чаще используется большое количество деталей (в основном из алюминиевых и титановых сплавов), представляющих собой сложное сочетание нежестких, но прочных элементов (тонких стенок, панелей и др.). Обработка любого из них в отдельности вызывает существенные затруднения, а в сочетании с подобными по жесткости другими элементами, делают технологии их изготовления в соответствии с требованиями чертежа весьма затратными и трудоёмкими.

Основной проблемой при их механической обработке является упругая деформация стенок в процессе фрезерования, которое приводит к вибрации, отклонению формы и выходу за пределы поля допуска геометрических размеров обрабатываемого элемента. Причиной этого является практически полное отсутствие рекомендаций по обработке нежестких заготовок со стороны производителя режущего инструмента. Инженерам-программистам и технологам доступна лишь информация о максимально допустимых режимах фрезерования, которые представлены для идеальной, абсолютно жесткой технологической системы.

Немаловажной причиной выхода геометрических размеров тонкостенных деталей является коробление, происходящее после снятия детали со станка. Последнее обусловлено возникновением в поверхностном слое весьма существенных по величине и глубине распространения технологических остаточных напряжений (ТОН),



сформированных под действием сил резаний и высоких температур в зоне контакта режущего инструмента с заготовкой.

Наряду с применением высокоэффективных составов и техники подачи СОЖ одним из перспективных направлений снижения теплосилового напряжения является использование энергии ультразвукового поля, введенной в зону резания.

Современные САМ-системы могут предлагать технологии изготовления типовых элементов, однако они не способны предугадать возможные деформации заготовки в процессе их механической обработки. К тому же САМ-системы не могут учесть наличие в зоне резания УЗ-колебаний при назначении усредненных элементов режима резания, которые все чаще используются на современном оборудовании при обработке заготовок из титановых и алюминиевых сплавов для снижения трения, а значит – и для уменьшения теплообразований в контактных зонах.

Предложенные Назаровым М.В. подходы к решению данной проблемы позволяют уменьшить время ТПП нежестких деталей и сократить штучное время обработки их заготовок за счёт рациональных режимов резания.

### **3. Научно-технический уровень и научная ценность диссертации**

Диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне, соответствующем мировым достижениям в этой предметной области. Достижение поставленной цели исследований обеспечивается применением адекватных методов и современной научной аппаратуры. Данные методы базируются на основных положениях технологии машиностроения, математического моделирования процессов механической обработки, теории резания металлов, теории прочности, сопротивления материалов и др. В процессе проведения экспериментальных исследований диссертантом использованы неразрушающие средства измерения технологических остаточных напряжений, оценки структурно-фазовых превращений в поверхностном слое и др.

Научная ценность определяется разработанными методами, алгоритмами, математическими моделями и зависимостями, а также результатами теоретико-экспериментальных исследований влияния элементов режима резания на ТОН и фазовый состав материала ПС.

#### **Достоверность научных положений и выводов**

Достоверность полученных научных результатов, представленных в диссертации основывается на рационально выбранных и примененных методах научного исследования, подтверждается результатами анализа экспериментальных данных с использованием стандартных средств и методов измерений, совпадением результатов производственных испытаний с теоретически прогнозируемыми.

### **4. Практическая ценность работы**

Практическую ценность представляют методика и алгоритм автоматизированного назначения режима резания при фрезеровании заготовок нежестких деталей машин, обеспечивающие минимальную себестоимость технологической подготовки производства

при заданных ограничениях и технологические рекомендации по использованию результатов исследования в условиях единичного и мелкосерийного производств.

Результаты исследований внедрены в действующее производство ООО «Рубикон» (г. Ульяновск). Предполагаемый годовой экономический эффект составил 1 368 400 рублей.

## **5. Публикации и апробации работы**

По материалам выполненных исследований опубликовано 20 работ, в том числе: 6 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 4-х свидетельствах об официальной регистрации программ для ЭВМ и 4-х публикациях Scopus и Web of Science.

Материалы диссертационного исследования докладывались и обсуждались в рамках научно-технических конференций (НТК) и семинарах ФГБОУ ВО УлГТУ в 2015-2020 гг. и на многочисленных международных НТК: «Теплофизические и технологические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства» (Резниковские чтения 2015г.) Тольятти; «Машиностроение и техносфера XXI века», Севастополь-2015-19 г.г.; «Материалы и технологии XXI века». – Пенза-2016; «Инновационные технологии в машиностроении: от проектирования к производству конкурентоспособной продукции (ТМ-2017)», Волгоград; «Перспективные направления развития отделочно-упрочняющей технологии и виброволновых технологий», Ростов-на-Дону, 2018г.; «Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении» - Севастополь-2018, 2019; «Механики XXI века»- Братск-2016 г., «Инновации в машиностроении»- Кемерово 2019.

Это даёт основание считать, что диссертаций прошла необходимую апробацию и нашла соответствующее отражение в публикациях.

## **6. Оформление материалов диссертации**

Диссертация написана в целом на достаточно квалифицированном уровне, снабжена необходимым количеством иллюстрированного материала, ссылками на авторов и источники, откуда заимствованы отдельные результаты. Автор диссертации умеет структурно-содержательно оформить выводы и показать результативность выполненных исследований.

Автореферат в полном объёме отражает содержание диссертационной работы и позволяет ознакомиться со всеми основными результатами, полученными лично автором, а также выводами и рекомендациями, вытекающими из выполненных исследований.

## **7. Замечания по диссертационной работе**

1. Отсутствуют допущения, используемые при разработке математических моделей расчёта упругих деформаций обрабатываемых стенок под действием сил резания.

2. Для расчета составляющих сил фрезерования использованы не аналитические, а эмпирические зависимости, поэтому возникает вопрос с выбором исходных данных (коэффициентов).

3. Не произведен анализ суммарного УЗ сигнала от двух источников для полноценного объяснения влияния на процесс обработки.



4. При исследовании процесса формирования технологических остаточных напряжений и фазового состава поверхностного слоя деталей при механической обработке с применением УЗК не варьировали толщину обрабатываемой стенки.

5. Исследования упругих деформаций выполнены без варьирования скорости резания.

6. Контактная температура в зоне резания не измерялась. Однако, при объяснении полученных результатов строятся предположения о влиянии на температуру элементов режима резания.

## 8. Заключение

Диссертационная работа Назарова М.В. является законченной научно-квалификационной работой и может быть оценена как совокупность научно-обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Степень апробации результатов работы путём опубликования основных положений в печати, выступлений на научно-технических конференциях и передачи материалов диссертации для внедрения в действующее производство – достаточна. Общая подготовленность и научный потенциал соискателя весьма высок.

Сделанные выше замечания не снижают важности полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Таким образом, представленная диссертация Назарова М.В. по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению теории и практики соответствует п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней и званий и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Доктор технических наук, профессор (шифр научной специальностей диссертации оппонента на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.02.08 – Технология машиностроения); заведующий кафедрой технологии автоматизированного машиностроения Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета) (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ(НИУ)»

454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, телефон:  
+7(351) 267-92-73, E-mail: guzeevvi@susu.ru



Виктор Иванович Гузеев

Верно  
Ведущий документ  
О.В. Гриш...

29.11.2021