

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РФ
ДЕПАРТАМЕНТ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Акционерҙар йәмғиәте
**ТЕХНОЛОГИЯ ҺӘМ
ПРОИЗВОДСТВОНЫ ОЙШТОРУУ
ИНСТИТУТЫ**



Акционерное общество
**ИНСТИТУТ
ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА**

450054, Башкортостан Республикаһы
Өфө калаһы, Октябрь пр., 69/2
Тел.: (347) 233-71-71 Факс: (347) 233-72-28
E-mail: uf_niit@mail.ru

АО
НИИТ

450054, Республика Башкортостан
г. Уфа, пр. Октября, 69/2
Тел.: (347) 233-71-71 Факс: (347) 233-72-28
E-mail: uf_niit@mail.ru

« 05 » 04 20 19 г. № 55
На № _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

АО «Институт технологии и

организации производства»

доктор технических наук, профессор

В.Л. Юрьев

2019г.



В диссертационный совет Д 212.210.01 на базе ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный
авиационный технический университет имени П. А. Соловьева»
152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д. 53

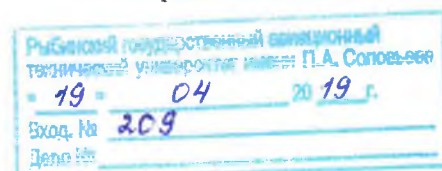
ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Никитина Сергея Петровича** «Математическое моделирование термомеханических процессов в зоне резания элементарных поверхностей при профильном глубинном шлифовании, обеспечивающее заданный предел выносливости лопаток турбин ГТД», представленную к защите в диссертационный совет Д212.210.01 на соискание учёной степени доктора технических наук, специальность - 05.02.08 «Технология машиностроения»

Актуальность избранной темы

Диссертационная работа **Никитина Сергея Петровича** направлена на обеспечение заданного предела выносливости и параметров качества поверхностного слоя при одном из наиболее эффективных методов окончательной обработки профильном - глубинном шлифовании опорных поверхностей лопаток турбин. По ряду причин на практике при глубинном шлифовании опорных поверхностей лопаток на многооперационных станках с ЧПУ используют многопроходную обработку. Это снижает производительность и эффективность глубинного шлифования.

В настоящее время для решения указанных проблем недостаточно изучены условия резания при формировании различных участков сложной обрабатываемой



поверхности профилем шлифовального круга, нет соответствующих теоретических исследований влияния режимов глубинного шлифования на показатели качества поверхностного слоя и предел выносливости лопатки, отсутствует методология назначения рациональных режимов резания при профильном глубинном шлифовании. Автор предлагает технологическое обеспечение предела выносливости и повышение качества поверхностного слоя деталей ГТД на основе задания рациональных режимов резания при профильном глубинном шлифовании на многокоординатных станках с ЧПУ с помощью определения наиболее критической элементарной поверхности обрабатываемого профиля и прогноза показателей ее обработки с помощью математического моделирования термомеханических процессов в зоне резания. Это позволит значительно сократить время на технологическую подготовку производства и повысить производительность глубинного шлифования лопаток на многооперационных станках с ЧПУ.

Учитывая вышеизложенное, работа представляет практический и теоретический интерес, а ее тема является актуальной.

Научная новизна выводов и результатов работы

Научная новизна работы заключается в разработке методологии обеспечения заданного уровня предела выносливости лопаток турбин при профильном глубинном шлифовании с помощью математического моделирования термомеханических процессов в зоне обработки элементарных участков поверхности сложного профиля. Разработана математическая модель термомеханической системы при глубинном шлифовании, описывающая взаимодействие разнородных процессов в зоне обработки элементарного участка поверхности сложного профиля, получена регрессионная модель предела выносливости от параметров качества поверхностного слоя, предложен способ дифференциации обрабатываемого профиля на элементарные поверхности и формирования расчетной схемы, разработан метод прямой аналогии для представления профильного глубинного шлифования в виде термомеханической системы, представлена модель рационального съема припуска при глубинном шлифовании на основе экспоненциальной зависимости величины припуска от номера прохода.

Методология, предлагаемая автором, позволяет расчетным путем без проведения экспериментов прогнозировать устойчивость процесса глубинного шлифования, значения параметров качества поверхностного слоя, предела выносливости лопатки и назначать рациональные режимы обработки сложного профиля опорных поверхностей лопаток турбин.

Степень обоснованности и достоверности работы

Структура работы подчинена решению основных задач исследования. Отдельные части исследования связаны друг с другом. Полученные результаты согласуются с результатами ранее выполненных работ другими авторами и не противоречат им. В основу работы положены теория резания металлов, теплофизика резания, теория пластичности. В работе широко использованы численные методы расчета с привлечением современного программного обеспечения. Достоверность полученных данных подтверждена сопоставлением расчетных и экспериментальных зависимостей.

Значимость для науки и производства

Предложенные автором методика и алгоритм задания режимов резания при профильном глубинном шлифовании позволяют: выявлять влияние режимов глубинного шлифования на показатели качества поверхностного слоя и предел выносливости лопатки турбины; целенаправленно обеспечивать требуемые показатели качества обработки и предел выносливости лопаток турбин при максимально возможной производительности.

Разработанная компьютерная программа «ПАН» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016661193) позволяет технологу при разработке технологии глубинного шлифования лопатки оценить влияние назначаемых режимов обработки на устойчивость процесса и формирование погрешностей обработанных поверхностей, что делает возможным прогнозирование точности обработки и качества поверхностного слоя при профильном глубинном шлифовании на многокоординатных станках с ЧПУ.

Материалы диссертации, компьютерная программа «ПАН» и математические модели основных узлов технологической системы, позволяющие исследовать динамику технологического оборудования и процесса резания, предлагается использовать в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по специальности «Технология машиностроения», а также для повышения квалификации технологов машиностроительных предприятий.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, 6 глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 348 наименований и 8 приложений. Работа изложена на 446 страницах, содержит 249 рисунков и 65 таблиц.

Во введении автором обоснована актуальность темы исследования. В первой главе автором рассмотрены работы, определяющие современный уровень исследований и знаний по теме диссертации. На основе анализа выполненных работ автором сделан вывод о том, что появление многокоординатных профилешлифовальных станков с ЧПУ выявило настоятельную необходимость в

умении прогнозировать результаты обработки и назначать научно-обоснованные режимы резания при разработке технологии - для повышения производительности и обеспечения качества и эксплуатационных показателей детали, в том числе повышения сопротивления усталости детали. В настоящее время нет рекомендаций, позволяющих назначать режимы глубинного шлифования при обработке сложных поверхностей на многокоординатных станках с ЧПУ и методик, позволяющих на этапе технологической подготовки производства выбирать научно-обоснованные режимы профильного глубинного шлифования на основе предсказания качества обработки; отсутствует обобщенное представление процесса профильного глубинного шлифования поверхностей сложного профиля в виде системы взаимодействующих упругих механических и тепловых процессов в зоне резания, отсутствует комплексная термомеханическая модель профильного глубинного шлифования, с помощью которой можно оценить влияние режимов резания на выходные параметры процесса (съем металла, силы резания, температуру тепловых потоков в зоне резания), а также на качество поверхностного слоя и предел выносливости детали.

На основании анализа литературных данных, выявленного уровня знаний и исследований по теме работы сформулированы цель, а также задачи диссертационной работы.

Уровень обзора научных работ, выполненного автором, позволяет сделать вывод о высокой степени проработанности автором предмета и области исследования.

Во второй главе автором приведены основные положения разработанной методологии выбора и назначения рациональных режимов резания при профильном глубинном шлифовании опорных поверхностей рабочих и сопловых лопаток ГТД.

Автор исходит из того, что обеспечение предела выносливости лопатки и заданных параметров качества поверхностного слоя возможно только при реализации определенных значений параметров процесса шлифования каждой элементарной поверхности обрабатываемого профиля. Это обеспечивается назначением режимов резания на основе прогнозирования параметров процесса обработки с помощью математической модели термомеханической системы глубинного шлифования критической элементарной поверхности. Выдвинутая гипотеза предусматривает 5 этапов действий, к которым относятся: дифференциация исходного профиля и выделение элементарных поверхностей с целью выбора критической элементарной поверхности по параметрам качества; теоретический анализ устойчивости и расчет параметров процесса на основе моделирования шлифования элементарных поверхностей; расчет показателей качества элементарных поверхностей; расчет эксплуатационных характеристик детали по каждой элементарной поверхности; назначение режимов глубинного

шлифования поверхности сложного профиля на основе условий формообразования критического участка по разработанному алгоритму.

Для реализации выдвинутой гипотезы автором разработаны: методика дифференциации исходного обрабатываемого контура на элементарные поверхности; математические модели основных узлов термомеханической системы при глубинном шлифовании, установлена адекватность совокупной модели, получены основные зависимости показателей процесса глубинного шлифования от режимов обработки и определена методика прогнозирования устойчивости процесса обработки.

В третьей главе приведены методики проведения экспериментальных исследований профильного глубинного шлифования, влияния режимов резания на выходные характеристики термомеханической системы, качество обработки и предел выносливости лопатки ГТД с учетом формообразования элементарных поверхностей - для подтверждения разработанной математической модели, а также уточнения информации о механизме взаимодействия различных физических процессов при глубинном шлифовании лопаток ГТД. Предложена оригинальная методика ускоренных усталостных испытаний специальных образцов лопаток турбин, позволяющая сократить затраты и повысить точность зависимости предела выносливости лопатки от режимов обработки.

В четвертой главе автор проводит анализ результатов экспериментальных исследований влияния режимов резания при глубинном шлифовании на составляющие силы резания, температуру резания, степень наклепа; шероховатость поверхности; микроструктуру; остаточные напряжения и предел выносливости лопаток ГТД - при разных условиях формообразования.

Полученные результаты показывают возможность использования варьирования режимов шлифования для управления процессом глубинного шлифования с целью получения заданных показателей качества поверхностного слоя и предела выносливости лопаток ГТД. Выявлено влияние термомеханических условий формообразования на качество элементарных поверхностей, получены значения показателей качества торцевой и периферийной поверхностей полки сопловой лопатки после глубинного шлифования.

Для расчета показателей качества поверхностного слоя (R_a , N , $\sigma_{ост}$) с учетом режимов резания сплавов ЖС26УВИ кругами фирмы "Tyrolit" (Австрия) и характеристик круга получен ряд нелинейных регрессионных моделей.

В пятой главе освещены вопросы реализации стратегии, методов и средств обеспечения качества и предела выносливости лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) при обработке на профилешлифовальных многокоординатных станках с ЧПУ.

С целью повышения производительности профильного глубинного шлифования путем минимизации количества проходов при обеспечении требуемого

качества поверхностного слоя и повышения предела выносливости лопатки автор предлагает на каждом проходе управлять тепловыми и упругими явлениями для снижения их колебаний и повышения степени устойчивости термомеханической системы.

Разработан алгоритм действий при разработке технологии глубинного шлифования лопаток ГТД. Предложена экспоненциальная модель распределения исходного припуска, которая гарантирует удаление деформированного слоя, образованного при предыдущих проходах, и обеспечение заданного предела выносливости после чистового прохода.

В шестой главе автором приведены технологические рекомендации по внедрению новой методологии обеспечения качества и сопротивления усталости лопаток газотурбинных двигателей при профильном глубинном шлифовании на многокоординатных станках с ЧПУ.

В диссертационной работе приведены основные выводы, которые обобщают результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

В диссертации автором представлена совокупность научно-обоснованных технических и технологических решений по обеспечению предела выносливости, точности и качества поверхностного слоя турбинных лопаток при глубинном профильном шлифовании на многокоординатных станках с ЧПУ; их внедрение в производство представляет значительный вклад в развитие теории машиностроения с целью повышения производительности глубинного шлифования лопаток турбин и других деталей.

Приведенные выводы в достаточной степени отражают решение поставленных задач. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по работе

1. Ряд предложенных математических моделей типовых и основных узлов физических систем (глава 2) не использованы при исследовании термомеханических процессов глубинного шлифования.

2. Во второй главе предложены математические модели многомассовой упругой системы станка, отображающие физические процессы в колонне, гильзе, шпинделе, столе, наряду с этим, в методике прогнозирования устойчивости процесса глубинного шлифования и при выборе режимов глубинного шлифования используется одномассовая система станка.

3. Для описания процесса глубинного шлифования использована линейная модель процесса резания, что не в полной мере отражает особенности глубинного шлифования.

4. Не достаточно четко определены используемые критерии управления глубинным шлифованием.

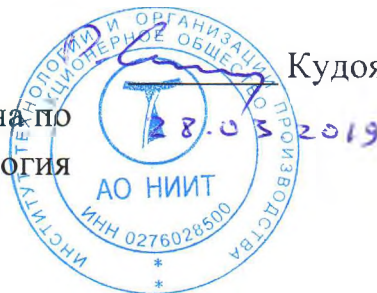
Заключение

Представленная Никитиным Сергеем Петровичем диссертационная работа является законченным исследованием, соответствующим паспорту научной специальности 05.02.08 «Технология машиностроения»: п. 3 «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения»; п. 7 «Технологическое обеспечение и повышение качества поверхностного слоя, точности и долговечности деталей машин»; п. 8 «Проблемы управления технологическими процессами в машиностроении». Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям по техническим наукам, а ее автор Никитин Сергей Петрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения».

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании научно-технического совета АО НИИТ, протокол № 3 от «28» марта 2019 г.

Член Научно-технического совета АО
НИИТ, доктор технических наук,
профессор

Докторская диссертация защищена по
специальности 05.02.07 – «Технология
и оборудование механической и
физико-технической обработки»
Почтовый адрес; 450076, г.Уфа,
ул. Чернышевского д. 7, кв. 113,
тел.: 8(347)2730526,
e-mail: kats10@mail.ru



Кудояров Ринат Габдулхакович

Ученый секретарь

Научно-технического совета АО НИИТ  Никитин Сергей Николаевич

Подпись Кудоярова Рината Габдулхаковича удостоверяю.

Начальник ОК АО НИИТ  Путилина С.С.

