

**ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.001.02
26 декабря 2023 г.**

Повестка дня

ЗАЩИТА ДИССЕРТАЦИИ **Финагеевым Павлом Рамдисовичем
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ
НАУК**

**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ
ЗАГОТОВОК ЗА СЧЕТ КОРРЕКЦИИ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ В
УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ»**

Специальность:

**2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической
обработки**

Официальные оппоненты:

Чигиринский Юлий Львович – д-р техн. наук, профессор, заведующий
кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный технический университет», г. Волгоград;

Зверовщиков Александр Евгеньевич – д-р техн. наук, доцент, заведующий
кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО
«Пензенский государственный университет», г. Пенза;

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет», г. Пермь

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 99.2.001.02

26 ДЕКАБРЯ 2023 г.

На заседании присутствовали члены Совета:

- | | | |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1. Табаков В.П. | д-р. техн. наук, профессор | 2.5.5 - технические науки |
| 2. Веткасов Н.И. | д-р. техн. наук, доцент | 2.5.5 - технические науки |
| 3. Булыжев Е.М. | д-р. техн. наук, доцент | 2.5.6 - технические науки |
| 4. Горшков Б.М. | д-р. техн. наук, профессор | 2.5.5 - технические науки |
| 5. Денисенко А.Ф. | д-р. техн. наук, профессор | 2.5.5 - технические науки |
| 6. Киселев Е.С. | д-р. техн. наук, профессор | 2.5.6 - технические науки |
| 7. Клячкин В.Н. | д-р. техн. наук, профессор | 2.5.5 - технические науки |
| 8. Ковальногов В.Н. | д-р. техн. наук, доцент | 2.5.5 - технические науки |
| 9. Лобанов Д.В. | д-р. техн. наук, доцент | 2.5.6 - технические науки |
| 10. Носов Н.В. | д-р. техн. наук, профессор | 2.5.6 - технические науки |
| 11. Унянин А.Н. | д-р. техн. наук, доцент | 2.5.5 - технические науки |
| 12. Янюшкин А.С. | д-р. техн. наук, профессор | 2.5.5 - технические науки |

Председатель диссертационного совета
д.т.н., профессор



Табаков В.П.

Ученый секретарь диссертационного совета
д.т.н., доцент

Веткасов Н.И.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Начинаем наше второе заседание. На нашем заседании совета из 15 человек присутствуют 12. Кворум у нас 10 человек, кворум имеется. Повестка дня по второму заседанию известна. Замечаний по ней нет? Нет. Утверждаем её.

По специальности диссертации – 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки) на заседании присутствуют 8 докторов наук, т.е. в этом плане наше заседание правомочно. Объявляется защита диссертации Финагеева Павла Рамдисовича на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации».

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» Унянин Александр Николаевич.

Официальные оппоненты:

Чигиринский Юлий Львович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Зверовщиков Александр Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет».

Оппоненты присутствуют на нашем заседании. Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Слово предоставляется ученому секретарю – доктору технических наук Веткасову Н.И. для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

Уважаемые коллеги! Соискателем Финагеевым Павлом Рамдисовичем в диссертационный совет представлены все документы, необходимые для защиты кандидатской диссертации. Документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями положения ВАК. Основные положения диссертации отражены Финагеевым Павлом Рамдисовичем в 24-х печатных работах, в том числе в 5-и изданиях по списку ВАК, 4-х статьях, входящих в систему цитирования Scopus. Получено 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ. Диссертация представлена к защите 24.10.2023 г. Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ 26.10.2023г.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Вопросы есть к Николаю Ивановичу? Нет. К Павлу Рамдисовичу нет вопросов? Нет. Павел Рамдисович, пожалуйста, Вам предоставляется слово

для изложения доклада диссертации, продолжительность которого не должна превышать 20 минут.

Соискатель Финагеев П.Р.

Добрый день, уважаемые члены Диссертационного Совета!

Вашему вниманию представляется доклад на тему: «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации».

Задача назначения рациональных режимов резания является одной из важнейших задач в области металлообработки. От выбора режима зависит производительность, качество и стоимость изготовления деталей. Наиболее распространенными методами назначения режима точения являются табличный (к которому можно отнести назначение режима по каталогу режущего инструмента), аналитический (расчетный) метод и графоаналитический.

Все вышеперечисленные методы рассматривают процесс резания как стационарный. Однако, параметры процесса обработки (силы и температуры резания, физико-механические свойства материалов заготовки и режущего инструмента (РИ)) изменяют свои значения с увеличением времени наработки инструмента и его износа.

Рациональным методом назначения режима процесса механической обработки является расчетный метод. Однако некорректность моделей, неоднозначность или (и) отсутствие исходных данных и наличие неуправляемых факторов, действующих в процессе обработки, могут привести к тому, что рассчитанный режим будет далек от оптимального. Вышеприведённые причины ведут к появлению неопределённости информации. Эта неопределённость является причиной значительного расхождения между расчётными значениями выходных параметров и их реальными значениями, достигая в некоторых случаях 20 ... 30% и более. Поэтому на этапе отладки технологического процесса необходима коррекция назначенного режима резания, что особенно важно для чистовой (окончательной) обработки.

В качестве исследуемого метода обработки выбран процесс точения. Обработка валов по трудоемкости занимает около 30 % от общей трудоемкости механической обработки. Современные токарные станки с ЧПУ обеспечивают 6-7-й квалитет диаметрального размера и параметр шероховатости Ra – 0,8-1,6 мкм, что позволяет, в ряде случаев, не прибегать к дальнейшей абразивной обработке заготовок.

Проблеме назначения рационального режима, в том числе в условиях неопределенности информации, посвящены работы Суслова А.Г., Петрешина Д.И., Иноземцева А.Н., Анцева А.В., Зориктуева В.Ц., Юркевича В.В. и др. Однако, большинство систем управляют лишь одним параметром и контролируемый выходной параметр также только один. В работе Зориктуева В.Ц. для поддержания на постоянном уровне температуры и силы резания необходимо варьировать скоростью резания и подачей, что приведет к получению неоднородной шероховатости. Также не приведены данные

исследований влияния назначенных режимов на параметры качества обработки (точность размеров, шероховатость, микротвердость).

Выполненный анализ работ, посвященных проблеме назначения режима резания в условиях неопределенности информации, позволяет сделать следующие выводы, приведенные на слайде № 5.

На основе данных выводов сформулирована цель исследования. Для достижения поставленной цели следует решить задачи, представленные на слайде № 6.

Полагаем, что процесс механической обработки характеризуется входными, текущими и выходными параметрами. Входные параметры включают в себя управляемые контролируемые параметры, неуправляемые контролируемые параметры и неуправляемые неконтролируемые параметры. При функционировании процесса механической обработки должны выполняться технические ограничения вида (1). В частном случае, ограничения будут иметь вид (2-4), представленный на слайде № 7.

Введем понятия резервов (запасов) выходных параметров процесса механической обработки. Под резервом будем понимать разницу между заданным значением какого-либо выходного параметра и его расчетным или фактическим значением. Будем различать положительные и отрицательные резервы.

При этом могут возникнуть следующие ситуации:

1. Все фактические резервы являются положительными;
2. Часть фактических резервов или все они являются отрицательными.

Для коррекции режима резания разработаны 2 методики коррекции:

1. Методика коррекции режима резания, которая не учитывает изменение параметров обработки;
2. Методика, учитывающая изменение выходных параметров (шероховатость, погрешность обработки) и текущих (силы, температура, износ) с увеличением времени работы режущего инструмента.

Разработанные методики позволяют учесть множество входных и выходных параметров. Однако требования, указываемые конструктором на чертежах деталей, обычно относятся к точности размеров, твердости и шероховатости поверхностей. Твёрдость поверхности детали определяется ее материалом и видом термообработки. Исходя из вышеизложенных причин, для апробации методик коррекции режима выбраны в качестве выходных контролируемых параметров: шероховатость и погрешность диаметрального размера. Входными параметрами процесса течения являются глубина резания t_r , подача $S_{об}$ и скорость резания V . Глубина резания t_r определяется припуском на обработку и не всегда есть возможность варьировать этим параметром. На выходные и текущие параметры процесса обработки глубина резания t_r влияет в меньшей степени, чем подача $S_{об}$ и скорость резания V . Поэтому в качестве управляемых параметров были выбраны подача $S_{об}$ и скорость резания V .

Рассмотрим ситуацию при варьировании двумя управляемым параметрами – скоростью резания V и подачей $S_{об}$ и измерении двух

выходных – шероховатости и диаметрального размера.

Предварительно рассчитываем или назначаем по каталогу режим обработки. Проводим обработку на данном режиме. Проводим измерения и получаем данные о фактических значениях выходных параметров. Рассмотрим ситуацию при наличии положительных резервов по двум выходным параметрам. При этом в качестве первого выходного параметра выбираем Ra , т.к. он имеет больший относительный резерв. Сравниваем фактические значения выходных параметров с заданными значениями. Рассчитываем управляющие воздействия, за счет которых предположительно сведется к нулю резерв выходного параметра Ra по формуле (5), приведенной на слайде № 8. Производные получают дифференцированием математических зависимостей, связывающих выходные и входные параметры процесса резания. Полученные значения ΔV и $\Delta S_{об}$ используем для определения интервала изменения второго параметра ω – формула (6), и сравниваем $\Delta\omega$ с резервом этого параметра. Если $\Delta\omega$ превышает резерв по данному параметру, то рассчитываем новые значения управляющих параметров. В обратном случае рекомендуется увеличить коэффициент запаса или изменить план варьирования управляемыми параметрами.

Рассчитав скорректированные значения управляемых параметров, проводим дальнейшую обработку на данном режиме и контролируем выходные параметры. Если значение выходных параметров не достигают заданных значений, то можно ужесточить режим обработки.

Теперь подробно рассмотрим вторую методику, которая учитывает изменение параметров процесса обработки с увеличением времени наработки инструмента.

Ниже приведен пример реализации данной методики при варьировании одним управляемым параметром (скоростью резания V) и измерении двух выходных (Ra и ω). Предварительно рассчитываем режим резания или назначаем по каталогу режущего инструмента. Моделируем процесс обработки на заданном режиме. При этом могут возникнуть следующие ситуации, представленные на рис. 3 (слайд № 9):

- а) имеем отрицательный расчетный резерв выходного параметра;
- б) имеем положительный расчетный резерв выходного параметра.

Режим корректируем таким образом, чтобы в момент времени, равный заданному периоду стойкости инструмента, расчётный резерв одного из выходных параметров был равен нулю, при положительных расчётных резервах остальных параметров. Интервал варьирования управляемым параметром, который должен это обеспечить, рассчитаем по зависимости (10). Производную $\frac{dRa}{dV}(p)$ определяем, ориентируясь на аналитические зависимости для расчёта выходных параметров в начальный момент времени t_0 . По зависимости (11) рассчитываем интервал изменения второго параметра ω и сравниваем с его резервом. Управляемый параметр V изменяем на величину ΔV и получаем значение этого параметра V^{1p} , при котором моделируем процесс.

На скорректированном режиме резания производим обработку заготовок и фиксируем фактические значения выходных параметров. Ситуацию, когда выходной параметр Ra имеет положительный фактический резерв, иллюстрирует рис. 5 (слайд № 10). Зависимость фактических значений выходных параметров от времени можно выразить в виде полиномов типа (13). Коэффициент $Ra_{0ф}$ соответствует фактическому значению выходного параметра Ra в начальный момент времени τ_0 ; коэффициент $Ra_{1ф}$ характеризуют интенсивность изменения фактического значения этого параметра во времени. Интенсивность изменения этого параметра определим по зависимости (14). В момент времени τ_0 параметр Ra (коэффициент $Ra_{1ф}^1$) должен иметь значение (15). Интервал варьирования управляемого параметра V , позволяющий в начальный момент времени τ_0 обеспечить значение i -го выходного параметра, рассчитаем по зависимости (16). Затем, рассчитываем изменение параметра ω и сравниваем с резервом данного параметра. Если $\Delta\omega$ превышает резерв по данному параметру, то рассчитываем новые значения управляющих параметров. В обратном случае рекомендуется увеличить коэффициент запаса или изменить план варьирования управляемыми параметрами.

В некоторых случаях целесообразно выполнить процедуру коррекции после наработки инструмента в течение времени, меньшего его периода стойкости, а затем экстраполировать кривые, характеризующие изменение за это время фактических значений выходных параметров, на время, равное периоду стойкости (слайд №11). Рассмотрим следующий пример. Участок, изображенный основной линией, построен на основе экспериментальных данных, штриховой – на основе экстраполяции. Провели статистическую обработку экспериментальных данных и вывели зависимости, характеризующие изменение среднего арифметического значения выходного и границ его мгновенного поля рассеивания. Подбираем зависимости для расчета математического ожидания параметра, верхней и нижней границ мгновенного поля рассеивания. Для подбора функций использовали метод средних квадратов. Экстраполяция показывает, что в момент времени, равный периоду стойкости, имеем положительный резерв по выходному параметру.

Следовательно режим обработки можно интенсифицировать. По зависимостям (21) - (25) рассчитаем новое значение управляемого параметра (слайд № 12).

Для того, чтобы рассчитать как изменяется величина выходного параметра в зависимости от времени наработки инструмента нужно создать методику определения взаимосвязанных параметров процесса точения. Для того, чтобы рассчитать величину параметра обработки в конкретный момент времени, предлагаем следующий подход. Время функционирования процесса обработки разбивается на интервалы Δt (слайд № 13). Расчёты выходных и текущих параметров процесса выполняются для моментов времени $\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_i, \dots, \tau_{max}$. Износ рассчитанный для момента времени τ_1 , используем для расчета температур, которые используем для определения физико-

механических свойств материала заготовки, составляющих силы резания и величины выходных контролируемых параметров на отрезке времени $\tau_0 \dots \tau_1$, после чего рассчитывают износ инструмента в момент времени τ_2 . Износ резца определяем по зависимостям (24) - (25), приведенным на слайде № 13. Составляющие силы резания и выходные параметры процесса обработки в значительной степени зависят от предела текучести, предела прочности и модуля упругости материала заготовки. Превалирующее влияние на указанные параметры (предел текучести, предел прочности и модуль упругости материала заготовки) оказывает температура. Для учета влияния температуры на изменение предела текучести, предела прочности и модуля упругости материала заготовки рассчитаны коэффициенты, приведенные в табл. 4 (слайд №14). Значения коэффициентов получены на основе справочных данных.

Для возможности практического использования методик коррекции режима необходимо разработать математические модели для расчёта текущих показателей процесса (силы резания и температур) и выходных параметров (параметров качества детали) процесса токарной обработки и полей их рассеивания.

Погрешность обработки рассчитаем по формуле (31) (слайд № 15). При обработке на токарных станках погрешность ω_j обусловлена упругим перемещением резца относительно оси патрона (ω_{j1}) и погрешностью формы в продольном сечении обработанной заготовки (ω_{j2}). При обработке точением рассеивание размеров, обусловленное упругими деформациями элементов технологической системы, зависит от радиальной составляющей силы резания P_y и жесткости технологической системы j_y . Составляющую P_y рассчитываем по зависимости (33).

Погрешность диаметрального размера, вызванная упругим перемещением резца относительно оси патрона, определяется как интервал колебаний упругих перемещений y (слайд № 16). Принимая, что переменными параметрами в формуле для расчета упругого перемещения резца y являются предел текучести σ_s , длина контакта задней поверхности резца с заготовкой l_2 и глубина резания t_r , и используя формулу для приращения функции нескольких переменных, получим зависимость для расчета мгновенного поля рассеивания, обусловленного упругими деформациями элементов технологической системы. Длину контакта задней поверхности резца с заготовкой рассчитывали по зависимости Воронцова А.Л. Полагаем, что переменными в зависимости (36) является предел текучести σ_s и используя формулу для приращения функции нескольких переменных рассчитываем поле рассеивание параметра l_2 .

Погрешность формы заготовки рассчитаем по зависимости (38) - (41) (слайд № 17). Зависимость для расчета погрешности, обусловленной упругими деформациями элементов технологической системы, примет следующий вид (42).

Шероховатость обработанной поверхности определяем по зависимости

А.Г. Сулова (43) (слайд № 18). Составляющая профиля шероховатости h_2 при токарной обработке определяется интервалом колебаний вершины резца относительно обрабатываемой поверхности. В таком случае зависимость для расчета составляющей h_2 примет следующий вид (44). Т.к. переменным параметром в зависимостях расчета шероховатости является предел текучести σ_s , то используя зависимость для приращения функции нескольких переменных, получим зависимость для расчета мгновенного поля рассеивания параметра шероховатости.

Для расчёта выходных параметров процесса механической обработки и оценки изменения выходных параметров с течением времени надо знать значение температуры. Полагали, что теплота при точении выделяется в области стружкообразования (пластической деформации) и на поверхностях контакта резца со стружкой и заготовкой (слайд № 19).

Дифференциальные уравнения теплопроводности контактирующих в процессе теплообмена объектов решали совместно с общими граничными условиями, используя численный метод конечных элементов (МКЭ). При построении дискретных аналогов дифференциальных уравнений теплопроводности использовали универсальный метод баланса. Дискретный аналог уравнения теплопроводности z -го объекта для типового расчётного элемента с внутренней расчётной точкой – зависимость (50) (слайд № 20).

Методика расчёта температур на основе дискретных аналогов уравнений теплопроводности реализована в программе. В целях верификации моделей результаты расчета температур сравнивали с экспериментальными результатами, полученными А.Н. Резниковым. Расхождение экспериментальных значений и расчётных, полученных для условий, в которых проведен эксперимент, не превышает 9% (слайд № 21). Однако разработанная методика не позволяет в явном виде получить зависимости расчета контактных температур от элементов режима резания. Поэтому проводим полнофакторный эксперимент (ПФЭ) – 2^4 . И выводим регрессионные зависимости для расчета температур.

На основе алгоритмов коррекции режимов резания разработано программное обеспечение для коррекции режима точения (слайд № 22).

В качестве исходных данных для расчёта были выбраны параметры процесса точения, параметры станка, конструктивные параметры резца, а также материалы заготовки, режущей части инструмента и державки резца.

Алгоритм второй программы аналогичен (слайд № 23). Отличительной особенностью является наличие блока коррекции расчетного режима.

Провели исследование эффективности функционирования методики коррекции, которая не учитывает изменение параметров процесса обработки (слайд № 24). Предварительно был рассчитан режим по формулам теории резания. Проведем обработку на назначенном режиме. Результаты обработки приведены в табл. 7. Как видно из табл. 7 мы имеем положительные резервы по обоим выходным параметрам. Принимаем решение варьировать подачей $S_{об}$. По итогам расчета по программе получили скорректированный режим. На данном режиме провели обработку образцов. В результате получен

отрицательный резерв (запас) по параметру шероховатости Ra , а резерв по погрешности диаметрального размера – положительный. Следовательно, необходима вторая коррекция режима обработки. Принимаем решение варьировать одним управляемым параметром – подачей на оборот $S_{об}$. По итогам расчета по программе получили скорректированный режим. Разница между предельным (заданным) значением шероховатости Ra^{max} и фактическим Ra^{ϕ} составляет 2-10%, также имеем положительный запас по параметру ω . Принимаем решения дальнейшую коррекцию не проводить, в целях предотвращения появления бракованных изделий. По сравнению с режимом, назначенным по каталогу режущего инструмента, подача увеличилась в 2,9 раза.

Провели исследование эффективности функционирования методики коррекции, которая учитывает изменение параметров процесса обработки с увеличением времени наработки режущего инструмента. Предварительно произвели расчет режима течения по формулам теории резания. Расчетный диаметр детали в момент времени 30 мин. превышает заданное значение (слайд № 25). Следовательно, требуется коррекция режима. Рассчитаем значения величин коррекции управляемых параметров. Из результатов расчета следует, что подача $S_{об}$ оказывает незначительное влияние на величину погрешности диаметрального размера, поэтому принимаем решение варьировать скоростью резания V . Рассчитываем величины коррекции. Результат расчета показывает, что при данном режиме в период времени 30 мин. имеем расчетный резерв по параметру ω равный нулю, по параметру Ra – положительный.

Проводим обработку заготовок на скорректированном режиме (слайд № 26). Для партии заготовок может быть получен положительный запас по параметру Ra^{ϕ} и положительный резерв (запас) по параметру ω^{ϕ} в момент времени 30 мин. На графиках основной линией показано фактическое (измеренное) значение выходного параметра, пунктирная линия - это экстраполяция, полученная статистической обработкой фактических значений параметров. Рассчитаем скорректированные значения скорости резания V и подачи на оборот $S_{об}$. Проводим обработку на скорректированных режимах. Коррекция режима позволила увеличить производительности обработки на 39 %, при обеспечении заданного качества обработки по параметру шероховатости Ra и точности диаметрального размера детали на протяжении заданного периода стойкости РИ.

Выполнен расчёт экономической эффективности от применения результатов исследований в промышленности. При коррекции режима резания в процессе отладки технологического процесса изготовления детали «Вал» при годовой программе выпуска 50000 шт. расчётный годовой экономический эффект составил 238500 руб. (слайд № 27).

По результатам диссертационного исследования опубликовано 24 научные работы, в числе которых 5 в изданиях из перечня ВАК, 4 статьи в изданиях, рецензируемых Scopus. Зарегистрировано 3 программы для ЭВМ (слайд № 28). Результаты опытно-промышленных испытаний методики

коррекции режима точения при обработке заготовок в АО "ФРЕСТ" демонстрируют, что применение данной методики позволяет интенсифицировать режим обработки заготовок, увеличив производительность обработки на 25 % при обеспечении требуемого качества деталей (слайд № 29).

Основные выводы и результаты приведены на слайде № 30.

Благодарю Вас за внимание, мой доклад окончен, готов ответить на ваши вопросы.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Пожалуйста, вопросы соискателю. Давайте. Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Если я правильно понял, Ваши методики предполагают на первом этапе обработку пробной партии заготовок. В этой связи несколько вопросов. Размер партии Вы как-то оговариваете, регламентируете его?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы производили обработку при апробации первой методики, не учитывающей изменение параметров процесса обработки, в количестве 3-5 штук.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Заготовок?

Соискатель Финагеев П.Р.

Заготовок. Для второй методики 7-8 заготовок, для того чтобы оценить изменения параметров процесса обработки.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

А как получили количественные значения этих параметров?

Соискатель Финагеев П.Р.

Экспериментально.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Экспериментально? Почему не 1-2, не 100?

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так, Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Второй вопрос. Заготовки в этой партии должны быть одинаковые или допускаются заготовки из разных партий?

Соискатель Финагеев П.Р.

Заготовки должны быть из одной партии. Потому что даже у заготовок из одной партии есть значительные колебания предела текучести, предела прочности. А заготовки с разных партий будут иметь разброс еще больше.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Я так и понял. Все формулы, которые у Вас приведены, они предполагают то, что заготовки будут из одной партии или из разных?

Соискатель Финагеев П.Р.

Из одной партии.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Одинаковые. Так. Тогда ряд вопросов Вы сразу сняли, но остался еще один вопрос. Вы как стойкость инструмента учитывали в ваших методиках?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы стойкость задавали по данным справочной литературы. На примере покажу.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Лучше, если Вы мне покажете формулу, в которую входит период стойкости инструмента.

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы использовали стойкость как заданную величину.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Заданная величина по износу задней поверхности?

Соискатель Финагеев П.Р.

Нет, мы задавали минимальный период стойкости и оценивали на этом протяжении времени изменение параметров процесса обработки.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Я понимаю. В этом случае Вы ориентируетесь на износ резца. Какой-то должен быть критерий износа?

Соискатель Финагеев П.Р.

Критерий – технологический, для чистового точения.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Технологический критерий?

Соискатель Финагеев П.Р.

Да.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.?

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

Всё.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Пожалуйста, вопросы. Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Скажите пожалуйста, как Вы в своей модели учитываете материалы детали и инструмента?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы учитываем через их физико-механические параметры.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Но где, в каком месте?

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

В каких зависимостях?

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Какие зависимости? Зависимости Воронцова?

Соискатель Финагеев П.Р.

В зависимости для расчета шероховатости мы используем.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Материал детали. В каком виде? Какие параметры?

Соискатель Финагеев П.Р.

Предел текучести материала заготовки.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Предел текучести. А материал инструмента?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы использовали при расчете температур теплофизические свойства.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Хорошо, я всё понял. Усадку стружки Вы не измеряли? Не занимались?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы рассчитывали усадку стружки по зависимости Воронцова.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

То есть только по Воронцову? А теперь следующий вопрос. Что такое начальный момент времени? Везде «начальный момент времени», что это такое?

Соискатель Финагеев П.Р.

Это соответствует началу времени обработки.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Это что? Сколько секунд? Минут?

Соискатель Финагеев П.Р.

Нет.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Начальный момент определяется...

Соискатель Финагеев П.Р.

Начальный момент времени соответствует установившемуся тепловому режиму при обработке заготовок острым резцом.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Острый? А почему Вы не учитывали, допустим, радиус закругления вершины, дальше упрочняющую кромку. Потом, ведь сейчас все неперетачиваемые пластины имеют отрицательный передний угол. На ленточке где-то минус 17 градусов. А Вы что, острозаточенный резец брали, что ли? Или сами его затачивали? Сами его затачивали?

Соискатель Финагеев П.Р.

При исследованиях мы применяли отрицательные передние углы. Что касается радиуса при вершине, он учтен в зависимости для расчета шероховатости. Первый параметр, соответственно, представляет собой отношение подачи к радиусу.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Представляю, конечно. Почему не представляю?

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Он сказал представляет собой.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Скажите, Ваша методика в принципе, подходит для черновых режимов, получистовых режимов, чистовых, и на каких вы получили эффект?

Соискатель Финагеев П.Р.

Методика ориентирована на чистовую обработку.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

У Вас в одном случае только чистовая обработка. А в остальных во всех получистовая обработка. Глубина резания 0,5-1 мм.

Соискатель Финагеев П.Р.

Согласно данным как отечественных справочников, так и зарубежных глубина резания 0,5-1 мм соответствует чистовой обработке. Например, техническое руководство «Сандвик Коромант», указывает то, что чистовой обработке соответствует глубина от 0,5 до 2 мм. При подаче 0,1-0,3 мм/об.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Там я нашел совершенно удивительную подачу, которой, как знаю, мало кто пользуется – 0,084 мм/об.

Соискатель Финагеев П.Р.

Сейчас я поясню.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Это что за подача и что вообще можно с ней сравнивать, с такой подачей? С этой подачей можно любую производительность сравнивать. Она всегда будет больше.

Соискатель Финагеев П.Р.

Эта подача была рассчитана по справочнику технолога-машиностроителя.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

И что?

Соискатель Финагеев П.Р.

Рекомендовано.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Нет, зачем? А там в акте внедрений, такая есть. Я видел в акте внедрения там есть точно такая же подача.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Там 0,1 мм/об.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Нет, Вы не сказали. Есть различия для черновых режимов, получистовых и чистовых при точении?

Соискатель Финагеев П.Р.

При точении есть.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

В Вашей методике где эти различия?

Соискатель Финагеев П.Р.

В пояснение того, что у нас это чистовая обработка.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Ну как чистовая, если 1 мм глубина резания?

Соискатель Финагеев П.Р.

Так 1 мм соответствует данным по чистовой обработке.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Нет, не знаю. Никогда я не слышал про такую чистовую обработку. Глубина резания 0,2 мм – чистовая обработка.

Соискатель Финагеев П.Р.

Это тонкое точение – 0,2 мм. Глубина резания 0,1 - 0,5 мм – это тонкое точение.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

И так всё при чистовой обработке. Черновой тут нет.

Соискатель Финагеев П.Р.

Черновой обработки нет. Только чистовая.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Всё. Нет вопросов.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так, еще вопросы, пожалуйста. Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Можете пояснить, всё же у Вас коррекция режимов резания. А какая там коррекция? Оптимальная, рациональная? По какому параметру?

Соискатель Финагеев П.Р.

Цель проведения коррекции – добиться максимальной производительности, при обеспечении тех требований, которые заданы чертежом детали.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Оптимальные режимы резания или рациональные?

Соискатель Финагеев П.Р.

Рациональные режимы.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Рациональные. Хотя пишете оптимальные. И второй вопрос заинтересовал. Подачу Вы рекомендуете до сотых, тысячных. Это как? Реально Вы как-то ее корректируете?

Соискатель Финагеев П.Р.

В соответствии с расчетом и планом управления мы эту подачу получаем.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Откуда она появилась такая до тысячных, подача?

Соискатель Финагеев П.Р.

Данную подачу мы получили за счет зависимости коррекции по подаче.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Павел Рамдисович, вернитесь к 21-му плакату. Может там есть. С этого плаката, так?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы рассчитали разницу между заданным и фактическим значениями шероховатости. Она составляет 2,2 мкм. Это у нас в числителе.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Вот у Вас в табл.7 вторая колонка, значение подачи 0,264 мм/об. Как Вы ее реализуете потом на станке, с точностью до микрон? Нет такого. На станке нет такой подачи.

Соискатель Финагеев П.Р.

Вы имеете в виду то, что в автореферате микрометр?

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Да везде. И здесь у Вас на плакатах.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Вы делаете коррекцию, рекомендуете, а на станке?

Д-р техн. наук, доцент Унянин А.Н.

Округлить нужно было.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Конечно, вот именно.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Привести значение подачи к такой величине, которую позволяет обеспечить станок.

Д-р техн. наук, доцент Унянин А.Н.

По расчету получена. Потом округлили.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

И потом на графиках там, где у Вас показана шероховатость: минимум-максимум. Не очень корректно.

Соискатель Финагеев П.Р.

Какой график?

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Да вот в начале. Вот например рисунок 1. Параметр Ra минимум-максимум. Ни значений, ничего нет.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Александр Сергеевич, я так понимаю это поясняющий рисунок.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Там диапазон какой?

Соискатель Финагеев П.Р.

Здесь значения не указаны.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Диапазон шероховатости 0,8 мкм и 1,6 мкм. Уровень диапазона представляете?

Соискатель Финагеев П.Р.

Этот график я привел для того, чтобы показать заданные значения шероховатости 3,2 мкм, а фактически мы получили шероховатость меньше 1,6 мкм.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Нет вопросов.

Соискатель Финагеев П.Р.

К тому же здесь коррекция расчетного режима. Это моделирование.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С. Пожалуйста.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Я может быть неправильно понял, но Вы берете за основу справочные данные по формулам, да?

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Таблицы.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Да.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

К примеру, справочник под редакцией Косиловой А.Г., там второй том известный, написан еще 50 лет назад. Значит, и он написан для каких-то старых станков. Вот Вы правильно говорили, что нужно из одной партии, а там перемешано. И считаете, что в действующем производстве берут этот норматив и всё, больше ничего не изменяют, так?

Соискатель Финагеев П.Р.

Значения из данного справочника мы используем только для предварительного назначения режима обработки.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Нет, Вы потом считаете производительность.

Соискатель Финагеев П.Р.

Для предварительного значения режима обработки мы используем и каталоги для зарубежных пластин, исходя из указанного диапазона значений элементов режима резания.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Справочные данные никогда не реализуется действующим производством. Они ориентировочные. Потом методом проб и ошибок, значит, технолог берет обыкновенный справочник и подбирает режимы резания. А Вы, привели акт промышленных испытаний, где Вы там по пяти заготовкам утверждаете, что у вас на 25 % повысилась производительность по сравнению с данными, полученными по второму тому. Еще раз повторяю, Косилова А.Г. перепечатала данные чуть ли не 51-го года. Первый, второй том издавался под редакцией Кована В.М. в 50-х годах, а потом уже Косилова А.Г. И таблицы одни и те же. Как это можно утверждать, что Вы на 25 % повысили производительность? И второе, мне совершенно непонятно, Вы не ответили все-таки на вопрос д-ра техн. наук Ковального В.Н.: почему 5 деталей? Почему не 100? Я вот опытно-промышленные испытания проводил в механическом цехе автозавода, там минимум 200. И всё. С какой стати 5? По пяти вообще ничего не сказать.

Соискатель Финагеев П.Р.

Все-таки у нас та методика ориентирована на единичное производство.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

И что? Но Вы должны для того, чтобы утверждать, знать – единичное, не единичное – то, что у Вас стабильно получается материал. По одной-двум деталям изъяли и сказали: вот у меня единичные, значит я одну заготовку проточил. На каком основании? Вот Вы не ответили на вопрос. Количество повторений пять штук.

Соискатель Финагеев П.Р.

Что при обработке данного количества заготовок мы можем не учитывать величину износа, они не окажут значимого воздействия на величину выходных параметров.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Взяли бы одну деталь, проточили.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П

Вы ведь брали заготовки 3 или 5 заготовок, но каждый раз обрабатывали заточенным резцом, так?

Соискатель Финагеев П.Р.

Да.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П

Причем здесь износ?

Соискатель Финагеев П.Р.

Потому что полагаем, что если мы обработаем от 3 до 5 заготовок, то на данном этапе износ не настолько велик, чтобы качественно влиять на температуры, на выходные параметры.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Нет, это надо все равно обосновать. Мы рассчитываем, когда эксперименты проводим, и то рассчитываем необходимое число повторений.

Д-р техн. наук, доцент Унянин А.Н.

Он считал. У него три получилось.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Так это эксперимент. А это промышленное испытание.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В.Н. задавал вопрос: какое необходимо количество деталей по которым можно внести корректировку?

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

На 29-й странице смотрите – опытно-промышленные испытания. 29-я страница. Вот у него.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П

Так, Евгений Степанович, всё, да?

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

В общем-то я не могу объяснить. И получается так. Значит, как правило, оно так и есть, я с Малышевым В.И. в свое время разговаривал, одним из авторов режимов резания для стали 45 и так далее. Режимы там чуть ли не с потолка, но всегда меньше. Естественно, Вы тут проведете, увеличили подачу. Была 0,1 мм/об, вы 0,125 мм/об и сразу производительность. Понятно, все остальное... Очень сложно.

Соискатель Финагеев П.Р.

Ведь мы же не сможем брать данные режимы с потолка. Надо чем-то аргументировать.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Это не доказательство. Вот акт опытно-промышленных испытаний он совершенно ничего. Это надо как-то думать об этом. Тоже самое 24-я страница, где там, значит, за эту табличку уцепились, я вот тоже никак не могу понять. Понятно, что всегда можно если взять минимальное значение, всегда можно повысить производительность и при этом сказать, что моя методика работает. Но это не так. База сравнений у вас совершенно не та. Здесь надо

другую. Взять тогда режимы не по справочнику, а с реального производства. Нет вопросов.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так, д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

Д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

Я обратил внимание, что на 22-м слайде и на 23-м немножко отличаются алгоритмы, хотя заголовки одинаковые: алгоритмы коррекции, алгоритмы коррекции. Это одно и то же?

Соискатель Финагеев П.Р.

Нет, это разные.

Д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

А в чем разница тогда, поясните пожалуйста?

Соискатель Финагеев П.Р.

Данная методика у нас не учитывает изменение параметров во времени, а вторая учитывает изменение параметров во времени.

Д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

Понятно. То есть подпись к рисунку, наверное, не совсем корректно сделана. И тогда поясните пожалуйста, если к 23-му вернемся, у вас исходные данные и справа написано, что мы вводим заданные значения выходных параметров. Какие выходные параметры в данном случае вводите?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы рассматриваем два параметра, это шероховатость и диаметральный размер. Рассчитывали погрешность диаметрального размера.

Д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

И всё?

Соискатель Финагеев П.Р.

Да. Ориентировались на два параметра.

Д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

То есть других выходных параметров Вы не рассматривали?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы рассматривали. Однако на чертежах валов задают шероховатость, точность размеров, точность формы, твердость. Твердость мы получаем на операциях термической обработки. Измерение параметров точности формы требует наличия специальных мерительных инструментов.

Д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

Всё, спасибо.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так, еще вопросы, пожалуйста. Борис Михайлович Горшков.

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Скажите пожалуйста, Вы видите какую-то перспективу автоматизации процесса? Вот коррекция, она у Вас предусматривается после экспериментальных исследований. А нельзя ли автоматизировать этот процесс?

Соискатель Финагеев П.Р.

Автоматизировать процесс расчета режима резания?

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

И расчетов, и коррекции.

Д-р техн. наук, доцент Ковальников В.Н.

В режиме реального времени, в процессе обработки.

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Адаптивную систему. Можно ли так сделать. Видите ли, что-то здесь возможность такая? Можно ли?

Соискатель Финагеев П.Р.

В дальнейшей перспективе?

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Да. Да-да. Возможно?

Соискатель Финагеев П.Р.

Я предполагаю, что можно.

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Возможно, да? Всё, спасибо.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так, еще вопросы у кого есть? Николай Иванович Веткасов.

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

Скажите пожалуйста, вы когда производили обработку, каким образом контролировали параметры? Например Ra ?

Соискатель Финагеев П.Р.

В процессе обработки?

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

Да.

Соискатель Финагеев П.Р.

В процессе обработки мы не измеряли. Мы рассчитывали по зависимостям. То есть физически мы во время эксперимента не контролировали.

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

Не контролируете?

Соискатель Финагеев П.Р.

Контролируем после обработки, измеряем шероховатость, диаметр.

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

Еще тут фраза встречается «обработка пластических деталей...».

Соискатель Финагеев П.Р.

Это редакционная ошибка.

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

Как производится коррекция режима резания?

Соискатель Финагеев П.Р.

По данным измерений фактических значений параметров рассчитывается управляющее воздействие, за счет которого сведется к нулю резерв выходного параметра Ra по формуле (5). Полученные значения используем для определения интервала изменения второго параметра ω – формула (6), и сравниваем $\Delta\omega$ с резервом этого параметра. Управляемые параметры V и S_{06} изменяем на величины ΔV и ΔS_{06} получаем новые значения

управляемых параметров.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Все-таки скажите пожалуйста, модели по температуре или там еще какие-то, они как используются у Вас при корректировке режимов резания? Как-то используются? Для чего вы их разработали?

Соискатель Финагеев П.Р.

Температура нужна для того, чтобы учесть, как изменяются физико-механические свойства материалов заготовки в зависимости от температуры.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Хорошо. А где взять? Вы сейчас сказали «корректировка», вот на примере это вот так в этом и заключается корректировка? Взяли шероховатость такую, скорректировали значение, назначили больше и тем самым повысили, допустим, производительность.

Соискатель Финагеев П.Р.

В зависимости (5) показано, что для расчета скорректированных управляющих воздействий применяем производные, характеризующие изменение выходного параметра в зависимости от входного. Получены они на основе дифференцирования аналитических зависимостей, которые и учитывают температуру, предел текучести и др. параметры.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Как раз и спрашиваю, наверное все другие интересуются этим вопросом. Каким же образом?

Соискатель Финагеев П.Р.

Данные производные приведены в общем виде. В частном виде у меня приведены в диссертации в Приложении 1.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Все-таки температура, разъясните пожалуйста. Вы их привели, а как они использовались для корректировки? Вы модель разработали, показывали нам. И модель шероховатости использовали. Они куда заложены? Куда заложили для корректировки?

Соискатель Финагеев П.Р.

Они заложены в модели для расчета выходных параметров (и шероховатостей, и зависимости для расчета сил).

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

То есть они заложены в модель, которая представлена в диссертации. Так?

Соискатель Финагеев П.Р.

Причем в диссертации?

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Нет. Без диссертации Вы приводите. А как посмотреть?

Соискатель Финагеев П.Р.

Почему? Можно посмотреть то, что параметр погрешности диаметрального размера, который представляет интервал рассеивания упругого перемещения резца относительно оси патрона, включается в себя предел текучести, температуры.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

А это куда?

Соискатель Финагеев П.Р.

Используется для расчета погрешностей обработки.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

А это куда потом?

Соискатель Финагеев П.Р.

В дальнейшем учитывается при расчете диаметра детали.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Переучитывать подачу?

Соискатель Финагеев П.Р.

Учитывается и подача. Но мы пересчитаем подачу после проведения обработки. В момент обработки подача у нас имеет постоянное значение, не изменяется во время обработки.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

24-й плакат откройте, пожалуйста. Тут много вопросов было. А почему, чтобы вопрос снять. Наверняка этот вопрос возникал у д-ра техн. наук, доцента Ковальногова В.Н. Обработка, Вы говорите, чистовая, получистовая. Вы ограничили подачу 0,08 мм/об. А если до 0,15 мм/об, до 0,13 мм/об это тоже чистовая обработка? Нельзя ли было привести не один пример вот с этим 0,08 мм/об, который все заметили и обратили внимание. А если взяли бы другую подачу и показали, что подход, который Вы предлагаете, он работает везде. И тогда бы объяснили те вопросы, которые Вам задавали.

Соискатель Финагеев П.Р.

В докладе я привел один эксперимент для одной методики, один эксперимент для второй методики. В диссертации у меня есть второй эксперимент и для этой методики, и для методики, которая учитывает изменение параметров.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Откуда-то брались вот эти подачи, на которые все обратили внимание. Брал бы такой диапазон и показал бы, что вот так и так всё. Так, есть вопросы еще?

Д-р техн. наук, доцент Лобанов Д.В.

Есть. Единственный вопрос. А вот эти расчеты они идут с СОЖ или без учета?

Соискатель Финагеев П.Р.

Они идут с учетом влияния СОЖ.

Д-р техн. наук, доцент Лобанов Д.В.

То есть влияние именно чего?

Соискатель Финагеев П.Р.

Учитываем влияние смазочного и охлаждающего эффекта СОЖ. Влияние СОЖ в данных зависимостях учитывается через коэффициент теплоотдачи. В зависимостях для расчета выходных параметров учитываем изменение коэффициента трения в зависимости, от того, применяем мы СОЖ или не применяем.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Они разные по составу и коэффициент трения разный.

Соискатель Финагеев П.Р.

Я в начале доклада сказал, что в ряде случаев имеются неоднозначные исходные данные для расчета режима обработки.

Д-р техн. наук, доцент Булыжев Е.М.

Скажите пожалуйста, почему у Вас нигде, ни в одном уравнении, ни в ваших постулатах, что Вы там принимаете и используете, нет такого понятия как «вероятность». У вас что, сплошь комбинированные процессы с четкой зависимостью однозначно?

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы учитывали стохастичность процесса. Мы рассчитывали, как у нас изменяется верхняя граница поля рассеивания параметров. Кстати, все графики строились с учетом данного требования. Мы учитывали изменение верхних границ поля рассеивания.

Д-р техн. наук, доцент Булыжев Е.М.

То есть Вы учитывали.

Соискатель Финагеев П.Р.

Мы проводили статистическую обработку данных. Проверяли гипотезу о нормальном законе распределения.

Д-р техн. наук, доцент Булыжев Е.М.

На заднем плане она у Вас прошла, поэтому не видна.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Евгений Михайлович, есть вопросы? Так всё, на этом заканчиваем. Присаживайтесь пожалуйста. Перерыв не будем делать, да? Нет. Слово предоставляется научному руководителю работы д-ру техн. наук, доценту Унянину А.Н. Пожалуйста.

Д-р техн. наук, доцент Унянин А.Н.

Павел Рамдисович закончил магистратуру в 2015 году по направлению 15.04.05. И тема его магистерской диссертации уже была связана с данной тематикой. Т.е. уже в студенческие годы он занимался данным вопросом, которым продолжал заниматься во время обучения в аспирантуре. Считаю, что за время обучения в аспирантуре он провел большую работу. Во-первых несколько слов относительно актуальности работы. Тут прозвучали некоторые слова, что на этапе технологической подготовки производства режим резания корректируют методом проб и ошибок. Здесь же он предлагает четкую методику, которая позволяет определить, каким образом надо изменять режимы резания в зависимости от выходных параметров.

Во время подготовки диссертации он провел большую работу как в области моделирования, так и в области проведения экспериментальных исследований. Кроме того, ему пришлось провести большую работу по разработке программного обеспечения. Он разработал несколько программных продуктов. В процессе работы он проявил себя как высококвалифицированный инициативный специалист, который способен решать достаточно сложные задачи. В целом диссертанта можно

охарактеризовать как сформировавшегося научного работника, который способен решать достаточно сложные научно-технические задачи. Я считаю, что он заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так. Хорошо. Слово предоставляется ученому секретарю для оглашения заключения организации, где выполнялась работа, и отзыва ведущей организации. Пожалуйста.

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» на кафедре «Инновационные технологии в машиностроении», которая приняла заключение по диссертации Финагеева Павла Рамдисовича «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации». Павел Рамдисович закончил магистратуру ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» по направлению 15.04.05 - «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в 2015 году с присуждением квалификации магистр. В октябре 2017 года зачислен в очную аспирантуру по специальности 05.02.07, которую закончил в 2022 г. с получением диплома «Преподаватель-исследователь».

Научный руководитель – Унянин Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

По результатам рассмотрения диссертации, выполненной на кафедре «Инновационные технологии в машиностроении» принято следующее заключение:

Диссертационная работа Финагеева Павла Рамдисовича является научно-квалификационной работой, отличающейся новизной и практической значимостью. По содержанию диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к ним ВАК РФ. Отмечается личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации: все основные научные результаты, составляющие основу диссертационного исследования, получены Финагеевым П.Р. самостоятельно. Об этом свидетельствуют, в частности, его публикации по материалам исследования.

Степень достоверности результатов проведенных исследований выглядит вполне убедительно. Экспериментальные результаты сопоставляют с результатами, полученными другими исследователями. Результаты работы апробированы, в частности обсуждены на научно-практических конференциях различного уровня. Работа обладает научной новизной, в частности получены:

1. Методики коррекции режима резания при различных соотношениях заданных и фактических значениях выходных параметров;

2. Математические модели и зависимости для расчета тангенциальной составляющей силы резания, температурного поля, шероховатости обработанной поверхности и полей их рассеивания и расчета погрешности диаметрального размера;

3. Методика определения взаимосвязанных параметров процесса обработки, позволяющая рассчитать их значения в зависимости от времени наработки инструмента;

4. Результаты численного моделирования процесса течения, в том числе исследование влияния изменения предела текучести материала заготовки.

Работа имеет практическую ценность. Значимость этой работы состоит в том, что разработано программное обеспечение для коррекции режима течения и для расчета контактных температур при тчении, которые защищены свидетельствами о регистрации программ. Результаты экспериментальных исследований, промышленных испытаний коррекции режима резания показали, что их применение позволяет повысить производительность течения на 25-35 % при обеспечении заданного качества.

Разработки соискателя имеют определенную ценность, в частности получены свидетельства о государственной регистрации программ, сделаны доклады на научно-технических семинарах кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» и на российских международных семинарах. Диссертация соответствует п. 14 требованиям «О порядке присуждения ученых степеней». Текст диссертации и публикаций соискателя, а также список использованных источников выполнены в соответствии с требованиями, а именно, заимствованные материалы и отдельные результаты приводятся со ссылками на источники заимствования. Результаты научных работ, полученных соискателем в соавторстве, имеют соответствующие ссылки.

Диссертация соответствует научной специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки по пунктам 2, 3, 6, 7.

Представленные материалы изложены в 24 публикациях, в том числе 5 – в изданиях из перечня ВАК; 4 – в изданиях из базы данных Scopus; получено 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Материалы диссертации достаточно полно представлены в работах, опубликованных соискателем. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Приведен список основных работ, выполненных по теме диссертации. Здесь 5 статей из перечня ВАК, 3 свидетельства об интеллектуальной собственности, 4 публикации в издании из перечня Scopus.

Дан анализ стиля и языка диссертации и соответствии автореферата содержанию диссертации. Материалы диссертации представлены формально-логическим способом. Рассуждения доказывают выдвинутые гипотезы и идеи, установленные в результате исследований, факты описаны

в авторской интерпретации. Работа Финагеева Павла Рамдисовича «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации» по содержанию и объему исследований, их проработке, научной и практической ценности в полной мере соответствует п. 9 Постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5.

Заключение принято на заседании кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». Присутствовало на заседании 11 сотрудников. Выступили с положительной оценкой работы: д-р техн. наук, профессор Табаков В.П. и канд. техн. наук, доцент Правиков Ю.М.

Результаты голосования: «за» – 11, «против» – нет, «воздержались» – нет. Протокол № 9 от 14 сентября 2023 г. Заключение подписал и.о. зав. кафедрой «Инновационные технологии в машиностроении», к.т.н., доцент Сапунов Валерий Викторович. Заключение утверждено проректором по научной работе ФГБОУ ВО «УлГТУ» канд. физ.-мат. наук, доцентом Климовским Андреем Борисовичем 19.09.2023 г.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Хорошо. Отзыв ведущей организации, пожалуйста.

Ученый секретарь – д-р техн. наук, доцент Веткасов Н.И.

В диссертационный совет поступил отзыв ведущей организации о диссертационной работе Финагеева П.Р. В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, делается вывод о том, что работа вносит значительный вклад в развитие страны и обладает несомненной актуальностью.

Анализ структуры содержания представленной диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Диссертационная работа изложена на 215 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения. Во введении обоснована актуальность темы диссертации. В первой главе приведены обоснованные причины отклонения режима резания от оптимального значения. Во второй главе представлены вывод, определение и взаимосвязь текущих показателей и выходных параметров процесса обработки. В третьей главе обоснован выбор контролируемых выходных параметров. Разработаны соответствующие математические модели для их расчета. В четвертой главе приведены сведения о разработке программного обеспечения для назначения режима точения и результатах его апробации. Установлено, что коррекция режима резания позволяет обеспечить повышение производительности обработки на 25-35 % при обеспечении заданного качества деталей. В приложениях представлены: выводы зависимостей для расчета производных, используемых в формулах для определения управляемых параметров; результаты численного моделирования выходных параметров процесса точения.

Можно выделить основные научные результаты, которые получены автором:

1. Методики коррекции режима обработки;
2. Математические модели и зависимости для расчёта температурного поля, шероховатости обработанной поверхности и полей их рассеивания и расчета погрешности диаметрального размера детали;
3. Методика определения взаимосвязанных текущих и выходных параметров процесса обработки;
4. Результаты численного моделирования параметров процесса точения, в том числе исследование влияния износа резца на температурное поле.

Практическую ценность имеют следующие разработки:

1. Алгоритмы и программное обеспечение для коррекции режима точения (свидетельства на регистрацию программных продуктов);
2. Программное обеспечение для расчёта контактных температур при точении;
3. Результаты экспериментальных исследований и опытно-промышленного испытания.

Основные результаты диссертационной работы отражены в 24 публикациях, из них 5 опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК, 4 опубликованы в журналах, входящих в базы цитирования Scopus.

Достоверность полученных результатов сомнений не вызывает. Положения, выносимые на защиту, обоснованы корректным использованием современных методов математической и статистической обработки данных.

Замечания по диссертационной работе. Всего шесть замечаний.

1. В названии диссертации не отражена главная цель работы — разработка методик коррекции режимов резания;
2. В работе часто упоминаются термины рациональные режимы резания и также оптимальные режимы резания без объяснения разницы в этих терминах и критериев оптимизации;
3. Определение температуры в зоне резания и сил резания ведется расчетным методом по аналитическим зависимостям без проверки экспериментальными исследованиями для конкретных обрабатываемых материалов;
4. В пунктах научной новизны не раскрыты суть и конкретные новые предложения автора по повышению эффективности процесса точения сталей, тем более, что вся методика коррекции зашита (спрятана) в компьютерную программу расчета, разработанную автором;
5. Неясно как будет работать методика автора при резании пластичных сталей в условиях наростообразования с периодическим изменением шероховатости и размеров обработанной поверхности заготовки;
6. На некоторых рисунках и графиках в диссертации и в автореферате сделаны некорректные подписи в виде «Кривых изменения некоторых значений».

Заключение:

Таким образом, с учетом отмеченных замечаний, считаем, что диссертационная работа Финагеева Павла Рамдисовича, выполненная на тему «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации» является законченным научным исследованием, в котором решена важная научно-техническая задача, связанная с определением рационального режима точения в условиях неопределенности технологической информации.

Представленные теоретические и практические результаты позволяют заключить, что рассматриваемая работа соответствует требованиям п. п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Финагеев Павел Рамдисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Отзыв обсужден и принят единогласно на расширенном заседании кафедры «Инновационные технологии машиностроения» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», протокол №5 от 01.11.2023 г. Подписал отзыв заместитель заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», д-р техн. наук, профессор Макаров Владимир Федорович. Утвердил отзыв проректор по науке и инновациям д-р физ.-мат. наук, доцент Швейкин Алексей Игоревич 21.11.2023 г.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. На автореферат диссертации поступило 9 отзывов. Все они положительные. Как всегда подготовлен обзор этих отзывов. У Вас в папках находится у всех. Я думаю, мы поступим так, что соискатель сразу нам ответит на замечания по отзыву ведущей организации и отзывам на авторефераты. Поэтому, пожалуйста, Павел Рамдисович, Вам слово. Сразу заранее говорю, посмотрите на отзыв – с чем согласны, значит согласны. Без всяких пояснений и т.д.

Соискатель Финагеев П.Р.

Сначала отвечу на замечания ведущей организации.

По первому замечанию. В названии диссертации отражено, что повышение эффективности операций точения заготовок происходит за счет коррекции режима резания, что подразумевает под собой разработку методик коррекции.

По второму замечанию. Более корректным будет выражение «рациональный режим резания». Под «рациональным режимом резания» понимаем режим, позволяющий обеспечить заданное качество обработки при максимальной производительности.

По третьему замечанию. Результаты расчета температур мы сравнивали с экспериментальными данными других исследователей и

получили то, что расхождение между нашими значениями и значениями эксперимента не превышает 10 %. Расчет составляющих силы резания мы вели по зависимостям Воронцова А.Л.

По четвертому замечанию. Для повышения эффективности процесса точения в условиях неопределенности технологической информации разработаны методики коррекции режима, в том числе с учетом изменяющихся во времени параметров процесса обработки (таких как износ резца, составляющие силы резания, шероховатость, погрешность диаметрального размера), позволяющие обеспечить заданное качество деталей при максимальной производительности.

По пятому замечанию. Методики коррекции ориентированы на чистовую (окончательную) обработку. В литературе показано, что при обработке заготовок твердосплавным режущим инструментом при достижении скоростей свыше 80 м/мин, когда температура резания превышает 600°C, наростообразование не происходит. И в своей работе мы проводили обработку заготовок на скоростях свыше 80 м/мин.

С шестым замечанием согласен.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Теперь по отзывам на автореферат.

Соискатель Финагеев П.Р.

Все замечания на автореферат были разделены на 4 группы.

К первой группе отнесены замечания, ответы на которые в исчерпывающем объеме содержатся в диссертации. Вторая группа – это замечания, пожелания с которыми согласен. Третья группа – это критические замечания с которыми согласен. И четвертая группа это замечания, на которые хотелось бы ответить.

К первой группе замечаний относятся: второе замечание д-ра техн. наук, проф. Волкова Д.И.

Д-р техн. наук, доцент Булыжев Е. М.

А зачем на это отвечать? Все же есть.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Он не отвечает. Он перечисляет. Его спрашивают с чем он согласен.

Д-р техн. наук, доцент Булыжев Е. М.

Первая группа - замечание такое, такое-то... Но они же все есть

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Что Вы предлагаете?

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А. С.

Согласиться с тем, что написали.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е. С.

Согласиться.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Если нет возражений у совета. Согласимся. Вы прочитали все?

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А. С.

Там все есть: замечания и ответы.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так. Садитесь, пожалуйста. Слово для отзыва представляется официальному оппоненту д-ру техн. наук, профессору Чигиринскому Юлию Львовичу.

Официальный оппонент – д-р техн. наук, профессор Чигиринский Ю.Л.

Уважаемые коллеги! Я постараюсь уложиться и сконцентрировать внимание на особых положительных моментах и замечаниях. Общие сведения о диссертации.

Исследование посвящено вопросам, связанным с техническим нормированием операций механической обработки. Доля таких операций составляет от 20 % до 40 % трудоемкости обработки лезвийным инструментом (речь идет о станках токарной группы). И проблемы рационального назначения режимов резания, важны для машиностроения и рассматриваются, честно говоря, на протяжении всей истории теории резания металлов. Можно уверенно сказать, что существующие методы позволяют приблизиться к рациональным условиям работы инструмента, но гарантированно обеспечить эти условия не могут на фиксированных режимах, по той простой причине, что сам процесс стружкообразования и формирования комплекса функциональных свойств поверхностного слоя изделия является нестационарным и стохастическим. В данной работе предлагается решение задачи расчета режимов точения с учетом неопределенности физико-механических, теплофизических и иных свойств элементов технологической системы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 138 наименований и семи приложений. Основной материал работы изложен на 173 страницах, содержит 32 таблицы и 49 рисунков.

Основные результаты диссертации опубликованы в 30 печатных работах, в том числе 6 статей в рецензируемых журналах, из перечня ВАК, 4 статьи в журналах и 2 статьи в сборниках, индексируемых в международных базах данных, 7 охранных документов на программы для ЭВМ. Таким образом, материалы и результаты исследования опубликованы в 19 работах в рецензируемых и приравненных к ним изданиях. Требования «Положения о присуждении ученых степеней» выполняется. Общее количество журнальных статей – восемь. Диссертация прошла апробацию на научно-технических и научно-практических конференциях, тематика которых совпадает с основными направлениями исследований соискателя.

В работе выдержана логичность и последовательность содержания. Автор в достаточной степени владеет профессиональной терминологией. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации и адекватно отражает полученные в ходе исследования результаты.

Расчет условий механической обработки, гарантирующих получение изделий требуемого качества и точности при обеспечении достаточной производительности обработки и работоспособности режущего инструмента представляет собой научно-производственную задачу, актуальную для машиностроительного производства. Существующие на сегодняшний день методы расчета или назначения режимов обработки не позволяют

обеспечить достаточной надежности результатов технического нормирования. Даже если не принимать во внимание неоднозначность свойств материалов контактной пары «заготовка-инструмент» и вариабельность свойств оборудования, расчет режимов резания с использованием различных методик дает, при одинаковых исходных данных, результаты, различающиеся в диапазоне 20 % ... 150 %. С учетом неопределенности технологической информации, эта погрешность оказывается еще больше. В силу этих причин исследование следует считать актуальным для современного производства и науки о резании металлов.

Целью представленной диссертационной работы заявлена разработка методик коррекции режимов механической обработки, позволяющих повысить производительность операций механической обработки при обеспечении требуемого качества деталей с учетом неопределённости технологической информации.

При выполнении исследований автор поставил и решил следующие задачи: разработал методики коррекции режима резания при различных соотношениях предельных и фактических значений выходных параметров и планварьирования управляемых факторов с целью приближения функций отклика, отражающих результаты обработки к оптимальным значениям; разработал математические модели для расчёта выходных и текущих параметров процесса и полей их рассеивания, методику определения изменяющихся во времени выходных параметров и текущих показателей процесса течения, модели, алгоритмы и программное обеспечение для коррекции назначенного режима течения. Задача - оценить эффективность разработанных методик коррекции режима на основе анализа результатов их функционирования. Техническая новизна разработанных решений подтверждена патентами на изобретение. Работоспособность и эффективность предложенных методик управления процессом лезвийной обработки подтверждена промышленными испытаниями в условиях действующего производства. Сформулированные задачи адекватно отражают содержание исследования и направлены на достижение поставленной цели.

Личный вклад соискателя в решение поставленных задач четко прослеживается в публикациях по теме исследования.

Выдвинутые автором научные положения и выводы обоснованы использованием известных научных положений теории резания, теплофизики резания и технологии машиностроения, методов математического моделирования. Достоверность экспериментально полученных результатов подтверждается использованием методов статистического анализа и апробированных методик факторного планирования.

При проведении исследований автор выполнил анализ основных положений работ исследователей научных технологических школ, ведущих в области теории резания металлов и построения адаптивных технологических систем – Брянской, Волгоградской, Московской, Саратовской и др. Вполне корректно использованы методы обоснования полученных результатов, в частности, методы математической статистики. Сравнение расчетных данных

с экспериментально полученными результатами показывает достаточную сходимость.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным использованием перечисленных выше теорий, методов математического моделирования и математической статистики, современных программных продуктов, применением в исследованиях аттестованных приборов и средств измерительной техники, данными экспериментальной проверки полученных закономерностей.

Заключение по работе носит обзорный характер, не содержит фактических сведений о результатах выполненного исследования. Выводы по каждой главе представляют собой четко структурированные результаты исследования. Анализ выводов по главам и общего заключения по работе позволяет утверждать, что поставленные задачи решены и цель исследования достигнута.

Значимость для науки и практики.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований автором получены математические зависимости, устанавливающие взаимосвязи технологических параметров лезвийной обработки с формируемым качеством обработанной поверхности, геометрической точностью размеров, стойкостью режущего инструмента. Предложенные модели учитывают неопределенность свойств материалов, участвующих в процессе резания. Разработанные модели реализованы в виде методики проектирования операций токарной обработки, предполагающей расчетную коррекцию предварительно определенных технологических режимов с учетом вариативности свойств элементов технологической системы и соответствующую «поднастройку» оборудования. Разработано программное обеспечение для формализации предложенных автором расчетных проектных процедур.

Результаты, полученные автором, можно расценивать как новые научные знания, вносящие вклад в технологическую науку. В частности, новые научные результаты работы заключаются в решении актуальной научно-производственной задачи совершенствования методов управления процессами механической обработки с целью повышения эффективности механообрабатывающего производства:

1. Методика коррекции режима резания при различных соотношениях заданных и фактических значений выходных параметров, включающая план варьирования управляемыми параметрами с целью адаптации моделей процесса и приближения управляемых параметров к оптимальному значению;

2. Математические модели и зависимости для расчёта тангенциальной составляющей силы резания, температурного поля, шероховатости обработанной поверхности и полей их рассеивания и расчета погрешности диаметрального размера детали. Модели учитывают изменение

механических и теплофизических свойств материалов заготовки и инструмента в зависимости от температуры в зоне обработки;

3. Методика определения взаимосвязанных текущих и выходных параметров процесса обработки, позволяющая рассчитать их значения в зависимости от времени наработки инструмента;

4. Результаты численного моделирования параметров процесса точения, в том числе исследование влияния изменения предела текучести материала заготовки на рассеивание контактных температур и тангенциальной составляющей силы резания.

Практическая ценность работы.

Новые методы управления процессом точения реализованы в виде математического и программного обеспечения, что позволяет применять их в практической производственной деятельности. На программы расчета режимов точения в условиях неопределенности технологической информации и расчета контактных температур получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Эффективность полученных автором результатов подтверждена актом опытно-промышленных испытаний на станкостроительном предприятии АО «ФРЕСТ», г. Ульяновск. Сведения, приведенные в акте производственных испытаний, подтверждают, что при увеличении скорости продольной подачи в 1,25 раза размер обработанной поверхности остается в пределах допуска и шероховатость поверхности соответствует требованиям конструкторской документации. Таким образом, в результате использования рекомендаций производительность обработки повышается на 25 % по сравнению с базовым вариантом технологии.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенные и обоснованные автором технико-технологические решения могут быть рекомендованы для промышленного применения в части технологического проектирования и практического осуществления операций токарной обработки в условиях проектно-технологических, научно-исследовательских организаций и на предприятиях машиностроительного профиля.

Оценка содержания диссертации и ее завершенности.

Введение посвящено обоснованию актуальности темы диссертации по проблеме повышения эффективности механической обработки и обеспечения требуемого качества обработанных. Следует отметить грамотные, с позиций методологии научных исследований, формулировки элементов «паспорта» научного исследования.

В первой главе на основе аналитического обзора результатов исследований, проведенных ранее и проводимых в настоящее время в ведущих отечественных и зарубежных научных школах автор систематизировал основные подходы к управлению процессами формирования качества / точности обработки и изнашивания режущего инструмента. По результатам систематизации сформулированы направления

интенсификации механической обработки в направлении повышения производительности механообрабатывающего производства и обеспечения работоспособности режущего инструмента. В первой главе приведены материалы глубокого исследования изучаемой проблемы. Обоснована перспективность предлагаемых в работе технико-технологических решений в плане управления процессами лезвийной обработки. На основе выполненного анализа сформулированы цель и задачи исследования, обоснованы применяемые методы исследования.

Во второй главе приведено подробное описание и математическое обоснование методик определения взаимосвязанных текущих показателей и выходных параметров процесса обработки и коррекции режима резания для различных сценариев обработки. Используя понятие резерва выходного параметра автор разработал различные планы коррекции режимов обработки с целью максимального приближения комплекса выходных параметров процесса к их оптимальным значениям. Планы коррекции разработаны для следующих наиболее вероятных сценарии обработки. Методики коррекции режимов разработаны для условий малой интенсивности изнашивания инструмента (когда процесс обработки можно считать стационарным) и для нестационарного процесса, при котором изнашивание инструмента происходит с переменной интенсивностью, что приводит к изменению параметров процесса во времени.

В третьей главе обоснован выбор контролируемых выходных параметров, приведено описание и обоснование построения математических моделей, отражающих взаимосвязь выходных показателей процесса с технологическими условиями обработки, выполнено численное моделирование выходных параметров процесса точения, описана методика статистического анализа результатов моделирования. В качестве выходных параметров выбраны высотный параметр шероховатости обработанной поверхности и погрешность диаметрального размера. В разработанных математических моделях учтены фактические физико-механические свойства обрабатываемого материала и фактические, с учетом изменяющейся в процессе обработки формы режущего клина, геометрические параметры контакта рабочих поверхностей инструмента с заготовкой: учитывается изменяемое значение предела текучести материала и переменного припуска; при моделировании параметра микропрофиля, в расчете участвует фактическая площадь контакта инструмента с заготовкой по задней поверхности. Выполнен анализ влияния неопределенности технологической информации – в частности, прочностных характеристик обрабатываемого материала: показано, что изменение предела текучести материала заготовки в пределах 20 % вызывает пропорциональное рассеяние расчетных значений сил и температуры на контактных поверхностях инструмента.

В четвертой главе представлены результаты апробации программного обеспечения, разработанного для реализации методик коррекции условий обработки с учетом неопределенности технологической информации. Описана методика оценки технической и экономической эффективности

предложенных в работе технико-технологических решений. Приведены результаты опытно-промышленных испытаний результатов исследования.

Достоверность и обоснованность основных результатов и выводов.

- первый вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами, описанными в гл. 2, 3 диссертации, содержит признаки научной новизны по п. 2 паспорта специальности 2.5.5;

- второй вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами 3-й главы, содержит признаки научной новизны по п. 2, 6 паспорта специальности;

- третий вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами исследований, приведенными в гл. 3 диссертации, содержит признаки научной новизны по п. 2, 6 паспорта специальности;

- четвертый вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами 2-й главы диссертации, содержит признаки научной новизны по п. 2 паспорта специальности;

- пятый вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами исследований, описанными в гл. 4 диссертации, не содержит признаков научной новизны, представляет практическую значимость в соответствии с п. 6 паспорта специальности;

- шестой вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами исследований, описанными в гл. 4 диссертации, не содержит признаков научной новизны, представляет практическую значимость в соответствии с п. 6 паспорта специальности;

- седьмой вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами исследований, описанными в гл. 4 диссертации, не содержит признаков научной новизны, представляет практическую значимость в соответствии с п.п. 3, 4 паспорта специальности;

- восьмой вывод обоснован, достоверность подтверждается материалами гл. 4 диссертации, не содержит признаков научной новизны, представляет практическую значимость в соответствии с п.п. 3, 4 паспорта специальности.

Практическая ценность материалов исследования состоит в возможности их использования при проектировании и осуществлении операций механической обработки в условиях действующих и вновь создаваемых производств.

Замечания:

1. В работе упоминается классификация факторов математических моделей по признаку управляемости, учитывающая две группы: управляемые и неуправляемые, при этом строгое определение авторского понятия «неуправляемый фактор» в работе отсутствует. Обычно при математическом моделировании рассматривают три категории факторов: управляемые, контролируемые и случайные. Рассмотрение стохастических факторов процесса обработки – колебаний припуска и механических свойств

материала заготовки, как неуправляемых, некорректно – это случайные факторы.

2. В разделе «Научная новизна работы» приведен перечень конкретных результатов исследования, которые можно классифицировать, как обладающие признаками новизны, но не сформулирована в явном виде проблема (или комплекс задач), решение которой представляет собой новое научное знание, вносящее существенный вклад в технологическую науку или в повышение уровня производства.

3. В работе неоднократно используются термины «оптимальный режим» или «режим, близкий к оптимальному», однако в явном виде не приводятся характеристики оптимальности решения задачи расчета режима обработки – в частности, нет указания на целевую функцию, и на критерии близости решения к оптимальному.

4. Приводя описание системы ограничений в общем виде автор использует математическое понятие «функция нескольких переменных». В работе для определения угловых коэффициентов аппроксимирующих прямых, при описании методики линейной аппроксимации функций отклика, автор применяет полные производные функции отклика по каждому из параметров, должны использоваться частные производные.

5. Выражение (6б) для расчета производной функции отклика не может считаться достаточно корректным, поскольку:

- не оговорена ширина интервала варьирования фактора (знаменатель выражения 6б);

- в случае вероятного расхождения расчетных значений с ожидаемыми автор предлагает увеличить интервал варьирования фактора – такой прием противоречит математическому смыслу производной: «приращение функции при бесконечно малом приращении аргумента».

6. Насколько необходимо вводить новые термины взамен общеизвестных? Например, «время наработки инструмента» вместо «времени работы инструмента».

7. Не вполне понятно, каким образом определены рекомендуемые значения коэффициентов запаса при расчете интервалов варьирования управляемых параметров.

8. Требуется обоснования оценка адекватности математической модели, полученная в результате сравнения двух моделей – авторской и модели, описанной в источнике 18 библиографического списка (статья автора).

9. Результаты численного моделирования температурных полей на передней и задней поверхностях резца должны округляться с учетом случайного варьирования физико-механических и теплофизических свойств материалов заготовки и инструмента и погрешностей средства измерения температуры при проведении эксперимента – суммарная погрешность такого рода не может быть меньше 10 % расчетного значения. Следовательно, расчетные значения в табл. 3...5 должны округляться до $\pm 50^\circ$.

10. «Заключение» по диссертации носит обзорный, описательный характер и не содержит фактических сведений о результатах выполненного исследования. В «Выводах» по главам результаты исследования описаны достаточно подробно.

Кроме того, несколько замечаний редакционного характера:

11. При описании статистических методов автор использует устаревшие термины «среднеквадратическая погрешность» и «среднеквадратичное отклонение». Начиная с 2000 года рекомендовано (ГОСТ Р 50779.10-2000) использовать термин «стандартное отклонение».

12. В тексте диссертации имеются грамматические ошибки.

13. В тексте диссертации присутствует определенное количество некорректных речевых оборотов, например:

- «Одной из актуальных задач является определение режима механической обработки...» и «Поэтому задача определения рационального режима резания является актуальной»;

- «интервалы варьирования управляемыми параметрами».

Правильнее «управляемых параметров».

Указанные замечания носят частный характер и не снижают значимости выполненных исследований. Актуальность работы, её научная новизна, практическая и теоретическая полезность полученных в ней результатов не вызывают сомнений.

Основные положения выполненных исследований соответствуют паспорту специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», по областям исследования: 2, 3, 4, 6. Полученные результаты достаточно полно представлены в опубликованных научных трудах автора.

Заключение.

Диссертация Финагеева Павла Рамдисовича на тему «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научной и практической задачи в области повышения эффективности механической обработки в условиях неопределенности технологической информации. Работа выполнена автором самостоятельно. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа написана доходчиво, в целом грамотно, аккуратно оформлена, язык и стиль изложения четкие и понятные. Проведенные автором исследования и их результаты обладают научной новизной и практической значимостью, соответствуют форме и областям исследования 2, 3, 4, 6, определенным в паспорте научной специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки». Содержание автореферата в целом соответствует содержанию работы. Материал диссертации изложен четко, имеет логическую последовательность, написан грамотным языком с использованием принятой в машиностроении терминологии. Содержание исследования достаточно

полно отражено в открытой печати в опубликованных научных работах, в т. ч., в изданиях, рекомендованных ВАК.

Диссертационная работа «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации» по своему содержанию, объему, актуальности, научной и практической значимости полностью соответствует требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, определенным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. за № 842 в редакции от 18.03.2023 г., автор Финагеев Павел Рамдисович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки». Спасибо.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо, очень подробно. Так, пожалуйста. Ответы на замечания только давай так. Я посмотрел, что ты написал. Перечислять, так сказать замечания Юлия Львовича. С чем согласен, с тем согласен.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В. Н.

С чем категорически не согласен, вот на этом остановитесь.

Соискатель Финагеев П.Р.

По первому замечанию. Значения колебания припуска и механических свойств материала заготовки являются случайными факторами, поэтому мы и рассматривали в работе влияние этих параметров на рассеивание выходных параметров.

По второму замечанию. Согласен с замечанием.

По третьему замечанию. Полагали, что режим будет близким к оптимальному, если резерв одного из выходных параметров будет равен нулю при положительных резервах остальных параметров. Это положение известно из теории оптимизации, в частности, из работы Б.Я. Курицкого «Оптимизация вокруг нас».

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Надо соглашаться с замечанием.

Соискатель Финагеев П.Р.

Хорошо. С данным замечанием согласен.

По четвертому замечанию. На с. 58 и с. 62 указано, что применяем частные производные. В работе совершена редакционная ошибка.

По пятому замечанию. По зависимости (66) производную рассчитывали, как отношение разностей фактических значений выходных и управляемых параметров. Метод, основанный на замене производных их значениями, выраженными через разности функций в отдельных дискретных точках, используется для численного решения задач, в частности, методом конечных разностей. Расчет интервала варьирования управляемыми параметрами производили по зависимости 55 на с. 58. Увеличивать интервал варьирования управляемыми факторами необходимо в том случае, если

разница между средними арифметическими значениями выходного параметра окажется меньше доверительного интервала. Разница между средними арифметическими значениями какого-либо выходного параметра считается достоверной при выполнении условия (61), приведенного на с. 61 диссертации.

По шестому замечанию. Термин «время наработки инструмента» распространен в научно-технической литературе. В частности, он приведен в учебном пособии «Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ на платформе Heidenhain» (автор Гимадеев М.Р.). Также он представлен в работах Пасько Н.И., Анцева А.В.

По седьмому замечанию. Согласен с замечанием.

По восьмому замечанию. Используемое в работе сравнение результатов расчёта по данной модели с результатами экспериментальных исследований, полученными другими авторами, является одним из методов оценки адекватности моделей.

С замечаниями девять, десять, одиннадцать, двенадцать, тринадцать согласен.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Юлий Львович, Вы удовлетворены ответами?

Официальный оппонент - д-р техн. наук, профессор Чигиринский Ю.Л.

Да, удовлетворен ответами.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Слово для отзыва предоставляется оппоненту официальному оппоненту д-ру техн. наук, доценту Зверовщикову Александру Евгеньевичу.

Официальный оппонент – д.т.н, доцент Зверовщиков А.Е.

Уважаемые члены совета!

Актуальность темы диссертационной работы.

Производство изделий с наименьшими затратами времени и средств стало одним из факторов повышения конкурентоспособности производства. Для обработки деталей одним из методов снижения трудоемкости является оптимизация режимов резания. Расчёт проводится с использованием моделей, связывающих выходные и входные параметры процесса. Однако многие модели не учитывают влияния ряда управляемых и неуправляемых факторов. Во многих случаях отсутствуют данные, касающиеся выбора параметров моделей, например, коэффициентов трения в зонах контакта инструмента со стружкой и заготовкой, зависимостей параметров механических и теплофизических характеристик инструментального и обрабатываемого материала от температуры и др. Модели, полученные эмпирическим путём, локальны.

Отсутствие корректных математических моделей и исходных данных для определения выходных параметров в зависимости от условий обработки, влияние в ходе обработки неуправляемых факторов приводят к неопределённости информации. Эта неопределённость является причиной значительного расхождения между расчётными значениями выходных параметров и их фактическими значениями, которое составляет до 30 %.

В работе решалась задача разработки методик коррекции режимов механической обработки в условиях неопределённости технологической информации. Поэтому работа Финагеева П.Р., посвященная разработке методики коррекции режимов резания, учитывающей, что изменение каждого из управляемых факторов отражается на изменении практически всех выходных параметров процесса обработки, является актуальной задачей.

Научная новизна и новые результаты.

Автор предлагает методологию, которая позволяет выработать технологические рекомендации для отладки технологических процессов.

Новизна научных положений, защищаемых соискателем, заключается в том, что им впервые:

- разработаны методики коррекции режимов резания в зависимости от различных соотношений заданных и фактических значений выходных параметров и оптимизации последних;

- созданы математические модели температурного поля, шероховатости обработанной поверхности, погрешности диаметрального размера детали, учитывающие температурные изменения механических и теплофизических свойств материалов заготовки и инструмента;

- предложена методика определения выходных параметров процесса обработки, позволяющая рассчитать их значения в зависимости от износа инструмента.

Достоверность результатов.

При выполнении работы использовались научные основы теории резания, технологии машиностроения, сопротивления материалов, основы теплофизики. Экспериментальные исследования проводились в производственных и лабораторных условиях, на универсальном и уникальном оборудовании, с использованием современной контрольно-измерительной аппаратуры по стандартным и разработанным автором методикам. При обработке экспериментальных данных использовались статистические методы.

Результаты исследований испытаны на предприятии АО «ФРЕСТ». Приведенные выводы и результаты подтверждают обоснованность разработанных научных положений, выводов и рекомендаций.

Практическая ценность работы.

Значимость результатов исследований для практики заключается в том, что:

- разработано программное обеспечение для коррекции режимов точения и расчёта контактных температур при точении;

- получены результаты экспериментальных исследований и опытно-промышленного испытания эффективности разработанных методик с повышением производительности точения на 25 ... 35 %.

Содержание.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 215

страниц, 49 рисунков, 32 таблицы и 138 источников. Содержание автореферата отражает основные положения работы. Диссертационная работа соответствует специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Область исследования: п.6 (Исследование влияния режимов обработки на силы резания, температуру, стойкость инструмента и динамическую жесткость оборудования). Результаты работы опубликованы в 24 научных работах, в том числе 5 статей в изданиях из перечня ВАК РФ и 4 в изданиях из базы цитирования Scopus.

Во введении автором обоснована актуальность темы исследования.

В первой главе автором рассматриваются работы, определяющие современный уровень знаний по теме диссертации. На основе анализа существующих работ, посвященных анализу методик расчета и коррекции режимов резания, процесс резания рассматривается как динамическая система, на выходные параметры которой значительное влияние оказывают факторы, изменяющиеся с увеличением наработки инструмента (износ инструмента, сила резания, температура, вибрации и др.). Перспективными являются системы, которые позволяют управлять величиной выходных параметров (таких как шероховатость поверхности и размер детали) с учетом изменяющихся во времени параметров процесса обработки. На основании анализа литературных данных, выявленного уровня знаний и исследований по теме работы сформулированы цель, а также задачи диссертационной работы. Уровень анализа научных работ, выполненный автором, позволяет сделать вывод о тщательном изучении автором предмета и области исследования.

Во второй главе разработаны методики коррекции режимов резания для различных ситуаций. Введено понятие фактического и расчетного резерва выходного параметра как разницы между заданным (регламентированным) значением параметра и фактическим(расчетным) значением параметра. Рассмотрены различные ситуации коррекции режимов резания, в том числе на основании дифференцирования математических зависимостей, связывающих выходные и входные параметры процесса обработки. Автором реализована возможность выполнить процедуру коррекции с учетом наработки инструмента в течение времени, меньшего его периода стойкости, а затем экстраполировать кривые, характеризующие изменение за это время фактических значений выходных параметров, на время, равное периоду стойкости.

В третьей главе разработаны математические модели для расчёта контролируемых выходных параметров, выполнено численное моделирование выходных параметров процесса точения, приведена методика статистического анализа их фактических значений. Для апробации методики коррекции режима в качестве контролируемых выходных параметров выбраны шероховатость (Ra) и погрешность диаметрального размера ω . Получены зависимости для расчёта погрешности диаметрального размера и высотного параметра шероховатости учитывающих, что параметры изменяются с увеличением времени обработки за счет износа инструмента и

температуры резания. Предложен расчет поля рассеивания, обусловленного такими переменными параметрами, как предел текучести материала заготовки и глубина резания.

В четвертой главе приведены сведения о разработке алгоритмов для расчёта функций, характеризующих изменение во времени средних арифметических значений и границ мгновенных полей рассеивания фактических значений выходных параметров и текущих значений процесса точения, положенных в основу программного обеспечения для назначения режима резания и результаты его апробации. Для коррекции режимов резания разработаны и зарегистрированы программы, позволяющие учесть изменение параметров процесса точения.

Результаты опытно-промышленных испытаний методики коррекции режима точения в АО "ФРЕСТ" показали, сокращение трудоемкости обработки составляет порядка 25 %.

Замечания и пожелания.

1. Автор не дает методики определение фактической стойкости инструмента, необходимой для последующего расчета.

2. Автор указывает в п. п. 3.2.1, что величина износа инструмента может не учитываться, поскольку динамически учитывается корректорами СЧПУ, а затем использует смещение поля мгновенного рассеяния через величину износа (формула (156)), что вызывает вопрос о актуальности использования методики на станках с ЧПУ.

3. Нелогично выглядит учет изменения упругих деформаций по длине детали и, в то же время, принятие постоянной величины тепловой деформации, если автор принимает допущение, что температура меняется при обработке одной детали от нуля до максимума (стр. 93). Температурные деформации принято учитывать при установившемся тепловом режиме, когда температуры имеют максимальное значение.

4. Оценку ширины мгновенного поля рассеивания линейной зависимостью можно считать неудовлетворительной – для шероховатости она рассчитана через функцию зависимости, а для отжатый считается линейно зависящей от физико-механических свойств материала.

5. На стр. 126 в исходных данных указан радиус кромки при вершине резца, который не упоминался нигде в теоретических расчетах, неясно как получены условия формул (233) и (234), играющие основную роль для расчета геометрии.

6. Поскольку расчёты выходных и текущих параметров процесса выполняются для определенных моментов времени $\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_i, \dots, \tau_{\max}$ – следовало бы дать методику определения интервалов времени.

7. В методике планирования эксперимента (стр. 60) – неясно, как определить фактические выходные параметры до обработки – расчетом или после эксперимента. Также неясно – как при расчете выходных параметров учитываются неизвестные факторы, например, прочность материала. Кроме того, неясно, о каких временных периодах коррекции идет речь, если на стр. 79...81 неоднократно упоминается партия заготовок: «...фактические

значения выходных параметров зафиксированы после обработки партии заготовок, можно определить фактическое значение коэффициента...».

8. Автор учитывает только влияние износа по задней поверхности и не рассматривает характер изменения геометрии передней поверхности режущего клина при износе, который необходим для расчета сил, температур, конфигурации передней поверхности различного вида стружколомов на серийно выпускаемых пластинах.

9. На рисунке 19 и ранее, зависимости предполагают нестохастическое, без случайной составляющей, изменение фактического параметра, что не соответствует реалиям. В последующем же автор оперирует мгновенным полем рассеяния, что обесценивает приведенную выше методику.

Заключение.

Диссертационная работа Финагеева Павла Рамдисовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, изложены научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны.

На основании вышеизложенного я считаю, что диссертация Финагеева Павла Рамдисовича соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. п. 9-11, 13, 14 раздела II «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор Финагеев Павел Рамдисович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо, Александр Евгеньевич! Павел Рамдисович, пожалуйста, ответьте на вопросы.

Соискатель Финагеев П.Р.

По первому замечанию. Время подналадки и фактический период стойкости можно определить по зависимостям (207) – (209), приведенным на с. 120. При разработке методики коррекции режима резания, учитывающей изменение параметров процесса обработки с увеличением времени наработки инструмента (с. 72), по справочным данным выбирали период стойкости инструмента τ_c , затем определяли управляемые параметры, при которых в момент времени τ_c расчетный и фактический резервы по одному из выходных параметров будут равны нулю при положительных значениях остальных. Значение периода стойкости инструмента определяли по справочным данным, в частности, по данным справочника технолога-машиностроителя под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. При коррекции режима точения целью является обеспечение получения годных деталей на протяжении периода стойкости инструмента.

По второму замечанию. Если при обработке на станке с ЧПУ используется коррекция положения инструмента и систематической

погрешностью от размерного износа можно пренебречь, то эта погрешность принимается равной нулю. Если корректор при обработке на станке с ЧПУ не используется или обработка производится на традиционных станках, то погрешность от износа следует учитывать, то есть разработанная методика расчета погрешности обработки пригодна для всех условий.

По третьему замечанию. Температурные деформации принято учитывать при установившемся тепловом режиме, когда температуры имеют максимальное значение. Как показали расчеты, температурное поле при точении практически не отличается от установившегося после 20-и оборотов заготовки в процессе ее обработки. Например, при подаче 0,15 мм/об резец за это время переместится на 3 мм. Если обрабатываемая поверхность имеет длину несколько десятков миллиметров, то на большей части траектории движения инструмента имеет место установившийся тепловой режим.

По четвертому замечанию. Считали, что величина мгновенного поля рассеивания параметров качества зависит от закона их распределения. Если реализуется закон нормального распределения, то мгновенное поле рассеивания определяется по зависимости (222) на с. 123 (известное правило шести сигм). Гипотезу о нормальном распределении поля рассеивания параметра проверяли, используя критерий Пирсона (210) на с. 121. На рассеивание упругих перемещений учтено влияние не только напряжения текучести материала обрабатываемой заготовки, но и колебания глубины резания и длины контакта резца с заготовкой (зависимости (139), (142), (149)). Другие параметры, являющиеся аргументами данных зависимостей, например, углы инструмента, считали постоянными при неизменных условиях и режиме обработки.

По пятому замечанию. Радиус при вершине режущей кромки является аргументом зависимостей (158), (162), (165) на с. 96 – 97, используемых для расчета составляющих параметра шероховатости, зависимости (169) на с. 98, предназначенной для расчета мгновенного поля рассеивания параметра шероховатости. Условия (233) и (234) заимствованы у А.Г. Сулова. При выполнении условий (233) - (234) расчет составляющей h_1 выполняется по зависимости (158), с. 96, составляющей h_3 – по зависимости (162), с. 97.

По шестому замечанию. Согласен с замечанием.

По седьмому замечанию. Фактические значения выходных параметров определяются после обработки на режиме, назначенном с использованием известных методик, или после проведения коррекции режима. При расчете выходных параметров значения, характеризующие свойства материала заготовок, определяли по справочным данным. При этом учитывали не только среднее значение параметров свойства материала, но и их рассеивание (с.95, 98).

На с. 79 – 81 не приведен размер партии заготовок. Их количество должно быть достаточным, чтобы выполнить статистическую обработку результатов измерения выходных параметров. Экспериментальные исследования, приведенные на с. 155, показали, что если учитывать изменение параметров во времени, необходимо обработать не менее 7 - 8

заготовок, когда имеются положительные резервы по выходным параметрам и производится коррекция режима с целью повышения производительности обработки. Если же первые заготовки являются бракованными (получены отрицательные резервы), то согласно соответствующей методики (с. 66) режим корректируется, чтобы получить положительные резервы (обработка без брака).

По восьмому замечанию. На силы резания большее влияние оказывает износ инструмента по задней поверхности. Это известно, в частности из теории резания (работы Н.П. Мазура, В.Ф. Боброва).

По девятому замечанию. Для упрощения изложения методик коррекции оперировали математическими ожиданиями и средними арифметическими значениями параметров. Рассеивание параметров качества учитывали при разработке алгоритмов и программного обеспечения для реализации коррекции режима. Для определения границы мгновенных полей рассеивания фактических значений выходных параметров использована методика, приведенная на с. 119. Для расчета погрешности размера использовали зависимость (149), для расчета поля рассеивания параметра шероховатости – зависимость (169).

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Всё?

Соискатель Финагеев П.Р.

Да.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Александр Евгеньевич, Вы удовлетворены ответами?

Официальный оппонент – д.т.н, доцент Зверовщиков А.Е.

Да, удовлетворен.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Прошу кто хочет выступить? Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Я к членам совета обращаюсь. Здесь достаточно опытные члены совета. Все в советах, наверное, заседают как минимум, кроме д-ра техн. наук Ковальногова В.Н., который защитил докторскую в 2011 году, лет двадцать. И конечно вопросы задавать всегда легче, чем на них отвечать. Я даже в конце хочу сделать замечание, два замечания. Первое замечание: утверждает Павел Рамдисович, что единичное и мелкосерийное производство, а расчет экономической эффективности рассчитан для программы 50000 шт. Непохоже на единичное производство. Второе, в автореферате написано, что личный его вклад составляет 75% диссертации, а в числе двенадцати публикаций ни одной самостоятельной публикации. Везде Унянин первый.

Но, тем не менее, самое главное в результате такой дискуссии нам не следует делать вывод, что муха лишилась слуха после отрывания шестой ноги. Поэтому, я полагаюсь больше на мнение уважаемых оппонентов. Они внимательно изучили диссертацию, мы все-таки бегло и несмотря на то, что много было замечаний и требований, что вот нужно еще то-то сделать, это

лишний раз свидетельствует о перспективе кандидатской диссертации, постольку поскольку любая кандидатская диссертация должна иметь перспективу дальнейших исследований. Замечания и пожелания, что это не то, надо доделывать и т.д. Это свидетельствует о том, что она имеет перспективу, поэтому я ориентируюсь на мнение оппонентов, буду голосовать – «за».

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Так. Спасибо. Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В.Н.

Д-р техн. наук, доцент Ковальногов В.Н.

Подхватчу тезис Евгения Степановича. Очень удачно, на мой взгляд, состоялся выбор оппонентов по этой работе. Действительно, удалось найти специалистов по теме диссертации. Очень хорошие, такие качественные и неформальные отзывы они дали и вскрыли все уязвимости работы, на мой взгляд. И дискуссия интересная была, и замечания ценные и полезные для развития этой работы. Вот, что касается сегодняшнего доклада, тоже он был интересный, вопросов много задавали. Это говорит о том, что работа современная, интересная, актуальная. На мой взгляд, работа соответствует всем требованиям к кандидатской диссертации. Наш соискатель тоже за восемь лет уже состоялся как зрелый научный работник. Я буду голосовать – «за».

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Так. Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Я как-то сегодня являюсь оппонентом выступления, не выступления, а вопросов, которые задавал Евгений Степанович. Вы меня, извините, получается, как Вы это понимаете. Вот Вы сказали, что вопрос такой связанный. Какова выборка была? Выборка экспериментальная, названо было три-пять. Три-пять, потом он уже уточнил, до восьми дошло уже.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Пять. Так написано у него.

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Да, написали пять, а вообще-то, видно побольше. Мне в свое время приходилось тоже обрабатывать экспериментальные данные. И здесь, если это закон нормального распределения, а все механические процессы, практически, подчиняются именно закону нормального распределения. Экспериментальные графики и теоретические имеют большое совпадение. Поэтому, если достоверность выборки высокая, точность выборки высокая, то мне приходилось использовать даже шесть выборок и это было достоверно.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Все зависит от критерия.

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Все критерий Стьюдента определяет. Но когда говорят надо брать двести заготовок, это слишком, понимаете, это перебор. Можно, если это обоснованно, если это рассчитано соискателем, но у меня, например, шесть

получалось, тринадцать получалось, может быть больше, а может и меньше. Поэтому здесь не надо его бить.

Д-р техн. наук, профессор Киселев Е.С.

Не только в этом, а в том, что будет взято в качестве основного критерия при оценке. Если он взял шероховатость, который, в общем-то, прибор дает 16%, хотя мы пишем там один-два процента, это одно. А если берет, значит, износ, то там вообще зависит от того, что в качестве критерия брать. Вот Вы правильно говорите, шесть может быть.

Д-р техн. наук, профессор Горшков Б.М.

Бывает. Бывает и шесть. Я услышал такое замечание, что цель диссертации и название не совпадают. А где написано, что они должны совпадать? Вот вы читаете название, повышение эффективности, да уже вот это цель. Повышение эффективности, чего-то, с помощью того-то, вот вам и цель. Поэтому это несправедливо. Я, в принципе, буду поддерживать работу. Работа достойная. Я не беру технологическую часть, я не являюсь там крупным специалистом. Но, что касается обработки экспериментальных данных, мне работа очень понравилось.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Д-р техн. наук, профессор Янюшкин А.С.

Я продолжу в скептическом как бы настрое. Согласен, что оппонентов очень удачно выбрали. И, в принципе, я пришел к выводу, что работу надо поддержать и продолжать только после выступлений Юлия Львовича и второго оппонента. Изначально я хотел услышать только маленький ответ. Все же коррекция какая у них? Рациональная или оптимальная? Оппонент сказал, нет здесь оптимальной. Есть рациональная. А рациональная, она всегда есть.

Поэтому, второе я хотел услышать. Конечно, когда речь идет о влиянии чего-то на стойкость инструмента, начинаешь обращать внимание. Я думал, вообще этому вопросу там не уделялось внимания. Второй оппонент хорошо доложил и сказал, что есть там все. Я только не понял, где период приработки и что такое начальное у них там перед стойкостью. Непонятно. Есть противоречивые вещи, сами они себе противоречат. Потому, что в автореферате пишут, что вопросы там не доработаны на 20-30 %. А в заключении пишут, вот седьмой пункт, мне кажется вообще некорректный. Корректный режим позволил обеспечить увеличение производительности обработки на те же 20-30 %. То есть, я здесь хотел сказать, что может поторопились ребята и выводы не очень хорошо сделали. В целом, если бы не оппоненты, я бы может где-то сомневался, а сейчас у меня нет сомнений в том плане, что работу нужно поддержать. И я ее поддерживаю. И поддерживаю еще в том плане, что диссертант, видимо около десятка лет занимается этим процессом и вопросом. Поэтому я поддерживаю эту работу.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Тут настолько много выступающих, пару слов буквально хочется сказать. Понимаете, какое дело. Мне кажется, что с одной стороны,

вроде бы такой вопрос простой. Знаете, режимы резания. Все мы привыкли, студентов учим, зашел в справочник, посмотрел и так далее. На самом деле он достаточно сложный. Я думаю, что многие поняли, что все-таки подход правильный, рациональный. А вот все-таки сложность этого вопроса требует более иллюстрированного материала, чтобы это было представлено. Чтобы это было представлено не в виде простых ограничений, а на конкретных примерах.

Сегодня еще многие задавали вопрос с подачей, чистовой, черновой. Казалось бы, здесь бы с научным руководителем можно было бы предвидеть такие вопросы. Они же налицо, на поверхности, скажем.

Но, тем не менее, я поддерживаю то, что действительно по диссертации у нас замечательные оппоненты, которые разложили все по полочкам. Я тоже так считаю, я поддерживал работу на этапах докладов на кафедре. Еще раз хочу сказать, что я тоже буду голосовать – «за». Все признаки, которым должна отвечать кандидатская диссертация, в работе присутствуют.

Слово представляется д-ру техн. наук, профессору Носову Н.В.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Я попытаюсь кратко сказать. Безусловно, сразу скажу, что я поддерживаю работу. Но вот меня смущает методологический подход этой работы. Потому что мы в своей повседневной работе со студентами, с научными коллективами, как-то приняли совершенно несколько другие подходы. Допустим, в соотношении радиуса при вершине резца и глубины резания. Итак, если радиус в вершине резца больше, чем глубина резания? Какое точение, дорогой диссертант? Там есть соотношение во всех учебниках. Какое? Чистовое. Значит, корректирующим воздействием что является? Радиус вершины резца. Если радиус вершины резца много меньше глубины резания, то какое корректирующее воздействие? Какое? Передний угол, задний угол, главный и вспомогательный углы в плане. Вот эти корректирующие воздействия я могу этими параметрами вполне и определять и производительность, и шероховатость, и качество, и так далее.

Я внимательно изучил формулу (14) в автореферате. Но есть еще один путь, когда радиус вершины резца равен глубине резания. Так вот, 14-я формула. Это что? Черновое точение, чистовое точение или получистовое точение? Вот поэтому, когда мы начинаем разбирать эти вопросы в научном плане, то у нас получается, что вот есть чистовое, черновое, получистовое точение.

Вот если бы методологически диссертант подошел к этому, может быть, многие замечания были бы совсем другие. Но я взял, не поленился, посчитал корректирующие воздействия. При корректирующем воздействии диссертанта подача 0,264 мм/об. По моим корректирующим воздействиям 0,3 мм/об, а не 0,11 мм/об. Я считаю по себе, значит я уже учитываю корректирующие воздействия. Хотелось бы предложить, чтобы четкая была градация между этими величинами. Вот это оппонент в пятом пункте привел, я все записал. Радиус при вершине резца определяет мне все параметры качества, которые нужны.

И еще один вопрос. Здесь есть толщина срезаемой стружки и глубина резания. Хотелось бы узнать, что это такое. Это одно и то же, или это две разные величины?

Соискатель Финагеев П.Р.

Разные величины.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Разные величины. Как они взаимосвязаны? Я не нашел. Вот как связаны эти величины?

Соискатель Финагеев П.Р.

Связаны через угол в плане.

Д-р техн. наук, профессор Носов Н.В.

Да, правильно, угол в плане. Но здесь то в формуле этого нет. Поэтому здесь ставлю замечание. Но работа сделана большая, я, безусловно, буду ее поддерживать.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо большое. Павел Рамдисович, Вам предоставляется заключительное слово.

Соискатель Финагеев П.Р.

Прежде всего хочу выразить огромную благодарность своему научному руководителю Унянину Александру Николаевичу за его огромный труд и работу, которую он провел со мной. Хочу его поблагодарить за все то, что он вложил в мою работу.

Хочу сказать спасибо своим оппонентам Чигиринскому Юлию Львовичу и Зверовщикову Александру Евгеньевичу за проявленное внимание к диссертации.

Всех членов диссертационного совета благодарю за проявленное внимание к работе и активное участие в ее обсуждении. Спасибо.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Спасибо. Переходим к голосованию. Есть предложение по составу счетной комиссии? Н.И. Веткасов у Вас есть предложение? Есть предложение включить в состав счетной комиссии: д-ра техн. наук, профессора Киселева Е.С., д-ра техн. наук, доцента Булыжева Е.М. и д-ра техн. наук, профессора Денисенко А.Ф. Председателем комиссии назначить д-ра техн. наук, профессора Денисенко А.Ф.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Делаем технический перерыв для голосования.

Счетная комиссия организует тайное голосование.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии для оглашения результатов тайного голосования.

Д-р техн. наук, профессор Денисенко А.Ф.

Протокол №1 заседания счетной комиссии от 26 декабря 2023 года. Комиссия в составе Денисенко А.Ф., Киселева Е.С. и Булыжева Е.М.,

избранная для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Финагеева Павла Рамдисовича на соискание ученой степени кандидата технических наук. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 15 человек. В состав диссертационного совета дополнительно не вводились члены. Присутствовало на заседании 12 членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации – 8. Окончательные результаты: «за» – 12, «против» – нет, «недействительных» – нет.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Кто за утверждение прошу проголосовать. Против нет, воздержавшихся нет. Единогласно. Таким образом, на основании результатов тайного голосования («за» – 12, «против» – нет, «недействительных» – нет) диссертационный совет признает, что диссертация Финагеева П.Р. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи повышения эффективности процесса резания за счет коррекции режима обработки имеющей существенное значение для повышения качества продукции, выпускаемой машиностроительными предприятиями. Диссертация соответствует требованиям установленным в разделе II (п. 9-14) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 к кандидатским диссертациям, и присуждает Финагееву Павлу Рамдисовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Соискатель Финагеев П.Р.

Спасибо большое!

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

У членов совета заключение на руках? Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? Нет. Прошу проголосовать. Принимается единогласно.

Обсуждение заключения

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Есть предложение принять заключение в целом, с учетом замечаний, которые Вы сделали. Кто за? Прошу проголосовать. Принимается единогласно.

Заключение диссертационного совета объявляется соискателю

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО
СОВЕТА 99.2.001.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» И
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело №_____

Решение диссертационного совета от 26.12.2023 №81

О присуждении Финагееву Павлу Рамдисовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности процесса точения заготовок за счет коррекции режима резания в условиях неопределенности технологической информации» по специальности 2.5.5 — Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, принята к защите 24.10.2023 г., протокол №79, объединенным диссертационным советом 99.2.001.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего образования (ВО) «Ульяновский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Министерства науки и высшего образования РФ, по адресу 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, действующим на основе приказов №123/нк от 17.02.2015 г., № 561 от 03.06.2021 и № 859/нк от 12.07.2022 г.

Соискатель Финагеев Павел Рамдисович, 1992 года рождения, в 2013 г. окончил ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический

университет» (УлГТУ) с присуждением квалификации бакалавр по специальности «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». Финагеев П. Р. окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» по направлению 15.04.05 — «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в 2015 году с присуждением квалификации магистр. В октябре 2017 года зачислен в очную аспирантуру по специальности 05.02.07 — «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», которую закончил в 2022 г. с получением диплома «Преподаватель-исследователь». Работает ведущим инженером-конструктором в АО «ФРЕСТ», г. Ульяновск.

Диссертация выполнена на кафедре «Инновационные технологии в машиностроении» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

Научный руководитель – Унянин Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Чигиринский Юлий Львович — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград;

Зверовщиков Александр Евгеньевич — доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», дали свои положительные отзывы на диссертацию, г. Пенза.

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, в своем положительном

заклучении, рассмотренном на расширенном заседании кафедры «Инновационные технологии машиностроения», подписанном д-ром техн. наук, профессором В.Ф. Макаровым и утвержденном проректором по науке и инновациям д-ром ф.-м. наук, доцентом А.И. Швейкиным, указала, что диссертация Финагеева Павла Рамдисовича является законченным научным исследованием. В ней решена важная научно-техническая задача, связанная с определением рационального режима течения в условиях неопределенности технологической информации. Представленные теоретические и практические результаты позволяют заключить, что рассматриваемая работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Финагеев Павел Рамдисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 — Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 24 публикациях, в том числе 5 – в изданиях из перечня ВАК; 4 – в изданиях из базы Scopus; получено 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Материалы диссертации достаточно полно представлены в работах, опубликованных соискателем. Наиболее значимые научные работы соискателя, из числа опубликованных в рецензируемых научных изданиях:

1. Унянин, А.Н. Разработка и апробация методики назначения режима механической обработки в условиях неопределенности технологической информации / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19, № 1-2. – С. 297 – 301.

2. Унянин, А.Н. Разработка и исследование методики коррекции режима механической обработки в условиях неопределенности технологической информации / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев // Вектор науки

Тольяттинского государственного университета. – 2017. – № 2 (40). – С. 56 – 61.

3. Унянин, А.Н. Исследование температурного поля при тчении с наложением вибраций / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2018. – № 3(45). – С. 63 – 69.

4. Унянин, А.Н. Коррекция режима тчения в условиях неопределенности технологической информации с учетом изменения параметров процесса обработки / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2022. – Т. 24, № 3(107). – С. 63 – 68.

5. Унянин, А.Н. Методика назначения режима механической обработки в условиях неопределенности технологической информации с изменяющимися во времени параметрами / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23. – № 3 (101). – С. 62 – 68.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021610980 Российская Федерация. Расчет температуры резания при тчении с наложением вибраций: № 2021610045: заявл. 11.01.2021: опубл. 20.01.2021 / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022669693 Российская Федерация. Коррекция режима тчения: № 2022669319: заявл. 20.10.2022: опубл. 24.10.2022 / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022669706 Российская Федерация. Коррекция режима тчения в условиях

неопределенности технологической информации: № 2022669247: заявл. 20.10.2022: опубл. 24.10.2022 / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

9. Unyanin, A.N. Development of methodology for the purpose of the machining process mode with time-varying parameters in the face of uncertainty of technological information / A.N. Unyanin, P.R. Finageev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019, Sevastopol, 09 – 13 September 2019. Vol. 709, 2, Issue 1. – Sevastopol: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 022034.

10. Unyanin, A.N. Numerical simulation of turning contact temperatures with varying material yield strength and tool wear / A.N. Unyanin, P.R. Finageev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Sevastopol, 07 – 11 September 2020. – Sevastopol, 2020. – P. 022036.

11. Unyanin, A.N. Research of the influence of the physical and mechanical properties of the workpiece material on the temperature field of the turning process / A. N. Unyanin, P. R. Finageev // Materials Science Forum. – 2021. – Vol. 1037 MSF. – P. 300 – 308.

12. Unyanin, A.N. Research of the Influence of Cutting Conditions on the Temperature Field During Turning / A.N. Unyanin, P.R. Finageev // Key Engineering Materials. – 2022. – Vol. 910 KEM. – P. 271 – 277.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации — ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», подписанный д-ром техн. наук, профессором В.Ф. Макаровым и утвержденный проректором по науке и инновациям д-ром физ-мат. наук, доцентом А.И. Швейкиным. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В названии диссертации не отражена главная цель работы —

разработка методик коррекции режимов резания. 2. В работе часто упоминаются термины рациональные режимы резания и также оптимальные режимы резания без объяснения разницы в этих терминах и критериев оптимизации. 3. Определение температуры в зоне резания и сил резания ведется расчетным методом по аналитическим зависимостям без проверки экспериментальными исследованиями для конкретных обрабатываемых материалов. 4. В пунктах научной новизны не раскрыты суть и конкретные новые предложения автора по повышению эффективности процесса точения сталей, тем более, что вся методика коррекции зашита (спрятана) в компьютерную программу расчета, разработанную автором. 5. Неясно как будет работать методика автора при резании пластичных сталей в условиях наростообразования с периодическим изменением шероховатости и размеров обработанной поверхности заготовки. 6. На некоторых рисунках и графиках в диссертации и в автореферате сделаны некорректные подписи в виде «Кривых изменения некоторых значений».

2. Отзыв официального оппонента Чигиринского Юлия Львовича, д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В работе упоминается классификация факторов математических моделей по признаку управляемости, учитывающая две группы: управляемые и неуправляемые (дисс., стр. 5, абзац 2, стр. 51, рис. 12, автореф., стр. 3), при этом строгое определение авторского понятия «неуправляемый фактор» в работе отсутствует. Обычно при математическом моделировании рассматривают три категории факторов: управляемые, контролируемые и случайные, иногда объединяя первые две категории в группу детерминированных. Рассмотрение стохастических факторов процесса обработки – колебаний припуска и механических свойств материала заготовки (дисс., стр. 5, предпоследний абзац, стр. 48 и др.), как неуправляемых, следует считать некорректным, – это случайные факторы.

2. В разделе «Научная новизна работы» (дисс., стр. 7-8, автореф., стр. 4-5) приведен перечень конкретных результатов исследования, которые можно классифицировать, как обладающие признаками новизны, но не сформулирована в явном виде проблема (или комплекс задач), решение которой представляет собой новое научное знание, вносящее существенный вклад в технологическую науку или в повышение уровня производства. 3. В работе неоднократно используются термины «оптимальный режим» (дисс., стр. 15, 30, 37) или «режим, близкий к оптимальному» (дисс., стр. 6, 7, 16, 20, 25, 48, и др., автореф., стр. 3, 4, 7, 16), однако в явном виде не приводятся характеристики оптимальности решения задачи расчета режима обработки – в частности, указание на целевую функцию, и критерии близости решения к оптимальному. 4. Приводя описание системы ограничений в общем виде (дисс., стр. 55, выражения 47...49) автор использует математическое понятие «функция нескольких переменных». В работе для определения угловых коэффициентов аппроксимирующих прямых, при описании методики линейной аппроксимации функций отклика, автор применяет полные производные (дисс. 57...59, выражения 51...60) функции отклика по каждому из параметров, в то время как должны использоваться частные производные. 5. Выражение (66) для расчета производной функции отклика не может считаться достаточно корректным, поскольку:

– не оговорена ширина интервала варьирования фактора (знаменатель выражения 66);

– в случае вероятного расхождения расчетных значений с ожидаемыми автор предлагает увеличить интервал варьирования фактора (дисс, стр. 62, предпоследний абзац) – такой прием противоречит математическому смыслу производной: «приращение функции при бесконечно малом приращении аргумента». 6. Насколько необходимо вводить новые термины взамен общеизвестных? Например, «время наработки инструмента» (дисс., стр. 72) вместо «времени работы инструмента». 7. Не вполне понятно, каким образом определены рекомендуемые значения коэффициентов запаса при расчете

интервалов варьирования управляемых параметров (дисс., стр. 58, выражение 55, стр. 74, выражение 103, автореф., стр. 8, выражение 1, стр. 11, выражение 11). 8. Требуется обоснования оценка адекватности математической модели (дисс., стр. 111), полученная в результате сравнения двух моделей – авторской и модели, описанной в источнике 18 (дисс., стр. 180). 9. Результаты численного моделирования температурных полей на передней и задней поверхностях резца (дисс., стр. 113...115) должны округляться с учетом случайного варьирования физико-механических и теплофизических свойств материалов заготовки и инструмента и погрешностей средства измерения температуры при проведении эксперимента – суммарная погрешность такого рода (при самом оптимистичном прогнозе) не может быть меньше 10 % расчетного значения. Следовательно, расчетные значения в табл. 3...5 должны округляться до ~ 50. 10. «Заключение» по диссертации (дисс., стр. 172...173, автореф., стр.16...17) носит обзорный, описательный характер и не содержит фактических сведений о результатах выполненного исследования. Вместе с тем, в «Выводах» по главам (дисс., стр. 48...50, 84, 123...124, 171) результаты исследования описаны достаточно подробно. 11. При описании статистических методов (дисс., раздел 4.2) автор использует устаревшие термины «среднеквадратическая погрешность» и «среднеквадратичное отклонение». Начиная с 2000 года рекомендовано [ГОСТ Р 50779.10-2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения] использовать термин «стандартное отклонение». 12. В тексте диссертации имеются грамматические ошибки, например (дисс., стр. 72), в заголовке раздела 2.3: «... учитывающая с изменение ... с увеличение времени...» и др. 13. В тексте диссертации присутствует определенное количество некорректных речевых оборотов, например: на стр. 5 в двух первых предложениях имеется тавтология: «Одной из актуальных– задач является определение режима механической обработки...» и «Поэтому задача определения рационального режима резания является актуальной»; на стр. 7, 50, 54, 74, 80, ... «интервалы

варьирования управляемыми параметрами» – должно быть «интервалы варьирования управляемых параметров»; и др.

3. Отзыв официального оппонента Зверовщикова Александра Евгеньевича, д-ра техн. наук, доцента, заведующего кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет». Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Автор не дает методики определение фактической стойкости инструмента, необходимой для последующего расчета. 2. Автор указывает в пп. 3.2.1., что величина износа инструмента может не учитываться, поскольку динамически учитывается корректорами СЧПУ, а затем использует смещение поля мгновенного рассеяния через величину износа (ф. 156), что вызывает вопрос о актуальности использования методики на станках с ЧПУ. 3. Нелогично выглядит учет изменения упругих деформаций подлине детали и, в то же время, принятие постоянной величины тепловой деформации, если автор принимает допущение, что температура меняется при обработке одной детали от нуля до максимума (стр. 93). Температурные деформации принято учитывать при установившемся тепловом режиме, когда температуры имеют максимальное значение. 4. Оценку ширины мгновенного поля рассеивания линейной зависимостью можно считать неудовлетворительной- для шероховатости она рассчитана через функцию зависимости, а для отжатый считается линейно зависящей от ФМС материала. 5. На стр. 126 в исходных данных указан радиус кромки при вершине резца, который не упоминался нигде в теоретических расчетах, неясно как получены условия ф. 233 и 234, играющие основную роль для расчета геометрии. 6. Поскольку расчёты выходных и текущих параметров процесса выполняются для определенных моментов времени $\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_i, \dots, \tau_{\max}$ – следовало бы дать методику определения интервалов времени. 7. В методике планирования эксперимента (стр. 60) – неясно, как определить фактические выходные параметры до обработки – расчетом или после эксперимента. Также неясно - как при расчете выходных параметров учитываются неизвестные факторы,

например, прочность материала. Кроме того, неясно, о каких временных периодах коррекции идет речь, если на стр. 79... 81 неоднократно упоминается партия заготовок: «...фактические значения выходных параметров зафиксированы после обработки партии заготовок, можно определить фактическое значение коэффициента...». 8. Автор учитывает только влияние износа по задней поверхности и не рассматривает характер изменения геометрии передней поверхности режущего клина при износе, который необходим для расчета сил, температур, а также конфигурации передней поверхности различного вида стружколомов на серийно выпускаемых пластинах. 9. На рис. 19 и ранее, зависимости предполагают нестохастическое, без случайной составляющей, изменение фактического параметра, что не соответствует реалиям. В последующем же автор оперирует мгновенным полем рассеяния, что обесценивает приведенную выше методику.

4. Отзыв из ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск», подписанный д-ром техн. наук, доцентом, проректором по научной работе Реченко Денисом Сергеевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В формуле (14) на с.12 в третьем слагаемом не ясен параметр "S", что также затрудняет определение размерности данного выражения. 2. В п.2 основных положений на защиту, стоило уточнить о каких изменяющихся во времени параметрах и процессе идет речь. Положение сформулировано слишком обще. 3. По оформлению автореферата также незначительные замечания. Не везде переменные выделены курсивом и имеют размерность.

5. Отзыв из ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология машиностроения», «Заслуженным работником высшей школы Российской Федерации», «Заслуженным деятелем науки и техники Республики Крым», Братаном Сергеем Михайловичем и канд. техн. наук, доцентом, доцентом каф. «Приборные

системы и автоматизация технологических процессов» Вожжовым Андреем Анатольевичем. Отзыв положительный со следующим замечанием: 1. Из текста автореферата не ясно, что автор понимает под термином "рационального режима процесса механической обработки", что является критерием рациональности, непонятно как осуществляется его поиск - см. стр. 3, стр. 1-2.

6. Отзыв из ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва», г. Рыбинск, подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Мехатронные системы и процессы формообразования имени С.С, Силина» Волковым Дмитрием Ивановичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В автореферате отсутствуют пояснения как выбирать коэффициент запаса, поскольку приведенный диапазон очень широкий. 2. Как учитывались изменения жесткости технологической системы при перемещениях и возможность возникновения вибраций при обработке.

7. Отзыв из ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технологический университет», г. Липецк, подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Козловым Александром Михайловичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Из материалов автореферата неясно, сколько времени требуется на проведение предварительной обработки и корректировку режимов резания. 2. Как в производственных условиях определяется износ инструмента и температура в зоне резания? 3. Не определены экономические границы применения предложенных методик в производственных условиях. 4. Содержание диссертации больше соответствует названию без слов «в условиях неопределенности технологической информации». 5. Пункты заключения только констатируют полученные результаты, но не обобщают их, что снижает практическую значимость работы.

8. Отзыв из ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик, подписанный д-ром техн.

наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология и оборудование автоматизированного производства» Яхутловым Мартином Мухамедовичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Отсутствие в автореферате иллюстраций к расчету температур при точении затрудняет анализ постановки и решения этой важной задачи, в частности, не ясны принятые условия конвективного теплоотвода во внешнюю среду. 2. Чем обоснована разработка оригинальной программы для расчетов температур методом конечных элементов? Почему нельзя было использовать современные программные комплексы, проверенные на практике и широко используемые международным инженерным сообществом? Разработка программы, кроме всего прочего, требует проведения исследования и обоснования достоверности и точности получаемых результатов (проверка сходимости итерационных процессов, проверка выполнения условия суперпозиции, проверка сходимости результатов расчетов при различном числе конечных элементов, сопоставление результатов расчетов с известными экспериментальными данными и пр.).

9. Отзыв из ФГБОУ ВО «Калининградский национальный технический университет», г. Калининград, подписанный канд. техн. наук, доцентом, доцентом кафедры инжиниринга технологического оборудования Кисель Антоном Геннадьевичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В автореферате приведены результаты экспериментальных исследований, полученные при токарной обработке таких сплавов, как Сталь 45 и 12Х18Н10Т, резцом с режущей пластиной из сплава Т15К6. Чем обоснован выбор именно этих материалов заготовок и режущих инструментов? 2. В работе не упоминается влияние окружающей среды на качество получаемой поверхности и отклонение размеров получаемой детали.

10. Отзыв из ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, подписанный д-ром техн. наук, профессором, заведующим кафедрой «Машиностроение и

материаловедение» Алибековым Сергеем Якубовичем. Отзыв положительный. Замечания отсутствуют.

11. Отзыв из Института технологии и организации производства (АО «НИИТ», г. Уфа, подписанный канд. техн. наук, генеральным директором АО «НИИТ» Каримовым Ильдаром Гаяновичем. Отзыв положительный. Замечания отсутствуют.

12. Отзыв из ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, подписанный д-ром техн. наук, профессором, профессором кафедры «Технология машиностроения» Леоновым Сергеем Леонидовичем и д-ром техн. наук, доцентом, профессором кафедры «Технология машиностроения» Иконниковым Алексеем Михайловичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Из автореферата непонятно, что обозначено символом «р» в формулах на страница 8, 9 и 11 автореферата. 2. Для коррекции режима резания автор использует линейную интерполяцию, хотя на рисунках в главе 4 видно, что реальные зависимости шероховатости и точности обработки явно нелинейны. 3. Из автореферата неясно для какого типа производства предлагается использовать предложенные методики и каков должен быть размер предварительной партии заготовок (стр. 7 и 14 автореферата).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются ведущими специалистами в области моделирования процессов механической обработки, имеют научные публикации по данным направлениям в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов. В ведущей организации и организациях, в которых осуществляют свою деятельность официальные оппоненты, выполнен значительный объем научных исследований, связанных с изучением процессов, рассматриваемых соискателем в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методики коррекции режима течения при различных соотношениях заданных и фактических значений выходных параметров;

разработана математические модели для расчёта выходных и текущих параметров процесса течения и полей их рассеивания, в том числе диаметрального размера детали и температурного поля;

предложена методика определения взаимосвязанных текущих и выходных значений параметров процесса течения;

доказана обоснованность применения методик коррекции режима течения;

введено понятие «резерва» («запаса») выходных параметров процесса механической обработки.

Теоретическая значимость исследований заключается в том, что:

доказана возможность применения разработанных методик коррекции режима резания для повышения эффективности процесса течения;

применительно к проблематике диссертации результативно

использованы математическое моделирование параметров процесса течения, многофакторное планирование экспериментов для получения регрессионных зависимостей контактных температур при тчении;

изложены результаты численного моделирования параметров процесса течения;

раскрыты особенности влияния колебания предела текучести материала заготовки на разброс контактных температур при тчении;

изучено влияние фактора неопределенности технологической информации на значения выходных параметров процесса течения.

проведена модернизация существующей математической модели для расчета шероховатости.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны оригинальные программы для коррекции режимов точения, в том числе учитывающие изменение параметров процесса резания с увеличением времени работы инструмента;

определены перспективы практического использования полученных результатов диссертационного исследования для повышения производительности процесса точения за счет коррекции режима резания;

создано программное обеспечение для коррекции режима точения ;

представлены методические рекомендации по применению разработанных методик коррекции режима резания для промышленного применения.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ применение современных измерительных средств и сертифицированного оборудования, достаточную статистическую воспроизводимость результатов исследований, полученных в лабораторных и производственных условиях;

теоретические исследования (теория) построены на известных проверяемых теоретических и экспериментальных данных и согласуются с опубликованными экспериментальными данными других исследователей по тематике диссертации;

идея диссертационного исследования построена на основе анализа практики обеспечения качества обработанной поверхности изделий и повышения производительности механической обработки за счет назначения рационального режима, а также на обобщении передового научно-исследовательского и производственного опытов обработки изделий при точении;

использовано сравнение данных, полученных автором, с результатами, полученными ранее другими исследователями по тематике диссертации;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в научных работах по

проблематике диссертации в независимых источниках периодической печати;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, сопоставление данных, полученных автором в ходе натурных экспериментов, с производственными данными.

Личный вклад соискателя состоит в:

включенном участии на всех этапах процесса, определении цели, задач, непосредственном участии в выполнении научных исследований, как теоретического, так и экспериментального характера, необходимых для решения поставленных задач и достижения цели диссертационной работы: разработка **методик коррекции режима механической обработки в условиях неопределённости технологической информации**, позволяющих повысить производительность операций механической обработки при обеспечении требуемого качества деталей; **результаты численного моделирования** параметров процесса точения заготовок, в том числе исследование влияния изменения предела текучести материала заготовки на контактные температуры; личном участии в опытно-промышленной апробации результатов исследования; обработке и интерпретации экспериментальных данных; подготовке основных публикаций по результатам выполненной работы.

В ходе защиты диссертации соискателем Финагеевым Павлом Рамдисовичем даны аргументированные ответы на заданные ему в ходе заседания вопросы. Вопросы и ответы на них приведены в стенограмме заседания диссертационного совета.

Результаты исследований рекомендуется использовать:

на предприятиях машиностроительной отрасли, занимающихся механической обработкой заготовок;

в проектно-технологических и научно-исследовательских институтах, занимающихся технологическим проектированием операций точения;

в высших учебных заведениях при подготовке бакалавров и магистров направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, логически построена, что подтверждается взаимосвязью поставленных задач и полученных результатов, содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены научные результаты.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая содержит решение актуальной задачи повышения эффективности процесса точения за счет коррекции режима резания, имеющей существенное значение для повышения качества продукции, выпускаемой машиностроительными предприятиями.

Работа соответствует критериям, установленным в разделе II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 26 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Финагееву Павлу Рамдисовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, участвующих в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенные в разовую защиту 0 человек, проголосовал:

за присуждение учёной степени 12 человек, против нет, недействительных нет.

Председатель – д-р техн. наук, профессор Табаков В.П.

Поздравляю Вас! От себя лично и от совета желаю вам дальнейших успехов, здоровья, успеха и дома и на работе.

На этом мы заканчиваем, если нет замечаний по процедуре. Нет. Благодарю всех за участие и защита окончена.

Председатель диссертационного совета
д.т.н., профессор



Табаков В.П.

Ученый секретарь диссертационного совета
д.т.н., доцент

Веткасов Н.И.

15.01.2024