

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию Реки Надежды Георгиевны
«Система управления лезвийной обработкой металлов на основе определения температуры в зоне резания по расходу электроэнергии»

Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении).

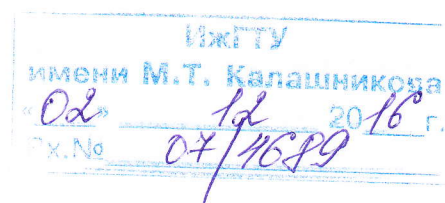
Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов и результатов, содержит сто семьдесят пять страниц машинописного текста, список использованной литературы из ста восьми наименований, два приложения.

Актуальность избранной темы

Степень эффективности лезвийной обработки металлов является одним из значимых показателей, характеризующих технологический процесс изготовления деталей. Повышение эффективности процесса соответственно является одним из условий роста эффективности производства и, следовательно, обеспечения устойчивого экономического развития страны. В соответствии с анализом литературных и патентных источников, представленным в работе, построение системы управления лезвийной обработкой металлов и ее применение с целью повышения эффективности обработки в настоящее время представляет научный и практический интерес. В связи с этим актуальность и практическая значимость рассматриваемой работы не вызывают сомнений.

Повышение эффективности процесса лезвийной обработки автор предлагает осуществлять за счет применения системы автоматического регулирования температуры в зоне резания по расходу электроэнергии. В связи с этим необходимо решить вопросы определения температуры в зоне резания, а также произвести анализ существующего математического описания процесса резания и выработать оригинальное представление связи температуры в зоне резания с расходом энергии. Непосредственное измерение температуры в зоне резания в производственных условиях является проблемой, которую автор предлагает решить, используя информативные параметры, позволяющие произвести оценку температуры в зоне резания косвенным методом без изменения конструкции технологического оборудования.

При доведении научных исследований до инженерного уровня – построения структурной схемы системы управления лезвийной обработкой металлов на основе определения температуры в зоне резания по расходу



электроэнергии, также весьма важным оказалось решение вопросов анализа процесса лезвийной обработки и технологического оборудования как объектов управления.

Материалы диссертации подготовлены в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ (задание №2014/240, НИР №2155).

В дальнейшем модели, построенные в работе, возможно, применять не только на этапе управления процессом в реальном масштабе времени, но и на этапе моделирования процесса обработки, особенно тонкостенных деталей на конкретном оборудовании.

В соответствии с изложенным темой диссертационной работы Реки Н. Г. «Система управления лезвийной обработкой металлов на основе определения температуры в зоне резания по расходу электроэнергии» следует признать актуальной.

Оценка общего содержания работы

Во введении изложены основные положения диссертации: актуальность, степень разработанности темы исследования, область исследования, предмет и объект исследований, цель, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методы исследования, выносимые на защиту положения, личный вклад автора, реализация и апробация результатов исследования. Дана краткая характеристика по структуре и объему работы.

В первой главе выполнен аналитический обзор состояния вопросов управления и повышения эффективности процесса лезвийной обработки. Определены основные критерии эффективности. Основным параметром, регламентирующим эффективность лезвийной обработки – температура в зоне резания. Проведен анализ существующих представлений процесса резания, где рассмотрена энергетика лезвийной обработки. Установлено, что при резании металла большая часть работы резания переходит в тепло. Проанализированы существующие способы контроля температуры в зоне резания, на основе чего предложена их классификация по критерию применимости в системах автоматического регулирования температурой в зоне резания. Сформулированы задачи исследований, решение которых обеспечивает достижение поставленной в диссертации цели.

Во второй главе автором выдвинута гипотеза о связи температуры в зоне резания металла с расходом электроэнергии привода главного движения токарного станка. Проанализированы существующие математические модели связи температуры с параметрами режимов резания: модели не раскрывают физическую сущность этой связи, работают в узком диапазоне изменения режимов резания, описывают только статические характеристики связи температуры с параметрами режимов резания. Автором разработана

оригинальная математическая модель связи температуры в зоне резания с расходом электроэнергии. Для получения связи температуры в зоне резания с режимами резания и расходом электроэнергии выдвинута гипотеза о «нагреваемом теле». Процесс нагрева «нагреваемого тела» представлен в виде динамического звена первого порядка. Разработана методика проверки гипотезы о «нагреваемом теле». Проведен вычислительный эксперимент, подтверждающий данную гипотезу.

В третьей главе разработаны оригинальные динамические модели: процесса лезвийной обработки; элементов силовой части канала управления температуры; механизма подачи; связи тангенциальной составляющей силы резания с параметрами режима резания, учитывающей износ инструмента. Динамические модели разработаны по методике, предложенной автором диссертации. В динамических моделях учтена переменность параметров, модели представлены в виде структурных схем, что обеспечит удобство их интеграции в общую структуру системы автоматического регулирования температуры в зоне резания металла.

В четвертой главе разработана структура системы автоматического регулирования температуры в зоне резания, в которой компенсация возмущений, действующих на элементы системы автоматического регулирования температуры в зоне резания, выполнена за счет введения локальных обратных связей. Учитывая, что определение температуры в зоне резания в производственных условиях является проблемой, автором предложено осуществлять определение температуры в зоне резания по легко измеряемому параметру – расходу энергии на процесс резания электродвигателя привода главного движения токарного станка. Расчет температуры в зоне резания осуществляется измерительно-вычислительным комплексом и в виде сигнала обратной связи подается на вход системы автоматического регулирования температуры в зоне резания. Разработана модель измерителя температуры в зоне резания. Произведен анализ точности регулирования температуры в зоне резания. Разработана система автоматического регулирования температуры в зоне резания, которая представлена в виде структурной схемы.

В пятой главе выполнены экспериментальные исследования системы автоматического регулирования температуры в зоне резания на имитационной модели, в которой автор использует характеристики реального оборудования.

Исследована модель процесса резания, разработанная автором диссертации, построены графики зависимости температуры в зоне резания от скорости резания. Произведено сравнение полученных автором графиков с графиками, представленными в научной литературе, полученными в результате натурных экспериментов. Сравнение показало высокую сходимость графиков, что подтверждает адекватность модели, разработанной автором диссертации. Исследованы динамические характеристики процесса

резания при изменении управляющего воздействия и возмущений. С точки зрения динамики процесс резания представляет собой инерционное звено первого порядка с переменными параметрами.

В теории резания нет объяснения нелинейности зависимости температуры в зоне резания от скорости резания. На основе модельных исследований автору удалось объяснить это явление особенностью динамических свойств процесса резания.

Исследовано влияние возможных возмущений, действующих на температуру в зоне резания, результаты представлены в виде графиков. Установлено, что в результате совместного действия возмущений в разомкнутой системе выходная координата может отклоняться на (45-50)% от заданного оптимального значения. В замкнутой системе, благодаря наличию регуляторов, построенных на основе интеграторов, температура в зоне резания поддерживается с точностью датчика выходной координаты, то есть определяется точностью датчика мощности и точностью измерительно-вычислительного комплекса (расчетная точность поддержания выходной координаты составляет $\pm 2,5\%$ оптимального значения температуры).

Произведена сравнительная оценка эффективности процесса лезвийной обработки металла с применением и без применения системы автоматического регулирования температуры в зоне резания.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обзор отечественной и зарубежной литературы, патентов и заявок на изобретения, представленный в работе, является достаточным. Список использованной в исследовании литературы содержит сто восемь наименований.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, достоверность полученных результатов подтверждены корректным применением известных научных методов исследования и обработки данных, современного математического аппарата, а также согласованностью результатов исследований, выполненных методом имитационного моделирования с результатами экспериментов, проведенными другими исследователями на натурном оборудовании и опубликованными в научной литературе. Для решения поставленных в диссертации задач, для обоснования полученных результатов и выводов автор корректно использует элементы теории дифференциальных уравнений, теории линейных систем автоматического регулирования, методы математического моделирования динамических систем, некоторые аспекты теории термодинамики, теоретической механики, теории электрических цепей, теории электропривода.

Результаты проведённых исследований защищены патентом и использованы на предприятиях.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Соискателем разработаны математические модели взаимосвязи параметров исследуемого процесса и основанный на них способ определения температуры в зоне резания, а также предложена структурная модель и алгоритмы функционирования системы автоматического регулирования, обеспечивающие повышение эффективности лезвийной обработки путём поддержания оптимальной температуры в зоне резания.

Работа соответствует пунктам 3 и 4 паспорта заявленной научной специальности. Выводы согласуются с задачами диссертационной работы.

Представленные автором результаты характеризуются научной новизной и получены впервые:

1) разработана математическая модель, учитывающая взаимосвязь температуры в зоне резания с расходом электроэнергии привода главного движения, отличающаяся от существующих тем, что при лезвийной обработке металла тепло образуется не в плоскости скалывания, а в объемном «нагреваемом теле», деформируемом под воздействием тангенциальной составляющей силы резания;

2) предложен способ автоматического определения температуры в зоне резания, отличающийся от известных тем, что температура определяется по расходу электроэнергии привода главного движения с использованием предложенной в п. 1 модели;

3) разработаны оригинальные динамические модели процесса лезвийной обработки и технологического оборудования по методике, предложенной автором;

4) разработана, научно обоснована структурная модель системы автоматического регулирования температуры в зоне резания металла, отличающаяся от существующих тем, что сигнал, пропорциональный температуре в зоне резания, определяется вычислительным путем по модели, предложенной в п. 1, реализуемой при помощи измерительно-вычислительного комплекса.

Замечания по диссертационной работе

1. На мой взгляд, некорректно сформулирован п. 4 новизны: «разработана, научно обоснована система автоматического регулирования температуры в зоне резания металла ...», корректнее было бы сформулировать: «разработана и научно обоснована структурная модель

системы автоматического регулирования температуры в зоне резания металла ...».

2. В диссертации при составлении баланса мощностей в зоне резания автор не учитывает энергию, поступающую от привода подачи? Не приведены оценочные значения этой величины. Необходимо обосновать принятое допущение и дать количественную оценку степени влияния привода подачи на величину Q_M (уравнение (1) на стр. 8 автореферата).

3. В работе предлагается управление скоростью привода главного движения для обеспечения оптимальной температуры в зоне резания. Это значит, что заготовка будет двигаться неравномерно. В таком случае должны учитываться процессы, связанные с изменением её кинетической энергии. Необходимо было обосновать принятое допущение и дать количественную оценку величины изменения кинетической энергии элементов привода и самой заготовки при изменении скорости вращения в процессе работы САР.

4. Непонятно, почему автор при определении объёма нагреваемого тела ограничился гипотезой о представлении его в форме параллелепипеда? Например, уже в случае торцевого точения форма нагреваемого тела будет гораздо более сложной из-за различия в линейной скорости точек обрабатываемой поверхности. Необходимо провести более детальный анализ и указать область применимости выдвинутой гипотезы о форме нагреваемого тела, а также рассмотреть возможные конфигурации нагреваемого тела при типовых видах обработки.

5. В процессе работы САРТ (рисунок 9 на стр. 13) не учитывается возможное изменение температуры окружающей среды (например, вызванное резким изменением термодинамических характеристик СОЖ)? Необходимо обосновать принятое решение, а также провести анализ возможного влияния температуры окружающей среды на эффективность работы САРТ.

6. В тексте имеются многочисленные погрешности стилистического характера, негативно влияющие на общее впечатление об уровне научной культуры автора. Например: «Для этого автором предложена методика...являющаяся алгоритмом...» (стр. 12 автореферата). Есть определенная разница между значениями терминов «методика» и «алгоритм»? Необходимо более внимательно относиться к формам изложения фактического материала.

Заключение

Содержание диссертационной работы соответствует ее названию. Перечисленные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной автором работы и полученных результатов.

Тема диссертационной работы Реки Н. Г. «Система управления процессом лезвийной обработкой металлов на основе определения

температуры в зоне резания по расходу электроэнергии» соответствует научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении). Диссертационная работа выполнена в соответствии с пунктами «3. Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.», «4. Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация» паспорта специальности 05.13.06.

Диссертация Реки Н. Г. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне. В ней разработан ряд новых теоретических и практических решений для повышения эффективности процесса лезвийной обработки металлов, имеющих существенное значение для развития машиностроительной отрасли страны.

Полученные автором научные результаты по теме диссертации опубликованы в шестнадцати научных работах. Автор имеет патент на изобретение, три научных статьи опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для публикации основных результатов диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Река Надежда Георгиевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении).

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор,
заместитель директора
по научной деятельности,
заведующий кафедрой
автоматизации и управления
Набережночелнинского института
(филиала) ФГАОУ ВО КФУ

Л. А. Симонова

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Адрес: 423812, Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, ул.
Проспект Мира, д. 68/19
Телефон: 8(855)2397137
Адрес электронной почты: LASimonova@mail.ru
Сайт университета: <http://kpfu.ru/chelny>

Подпись Ларисы Анатольевны Симоновой.заверяю:

