

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия
Кафедра компьютеризованных мехатронных систем, инструментов
и технологий

Саенко Марина Александровна

УДК 621.91

**Разработка адаптивной системы управления для многоцелевого
тяжелого станка**

Специальность 8.05050301 – металлорежущие станки

Автореферат магистерской работы

Краматорск – 2014

Работа выполнена на кафедре: «Компьютеризированные мехатронные системы, инструмент и технологии» Донбасской государственной машиностроительной академии Министерства образования и науки Украины.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Ковалев Виктор Дмитриевич

Защита состоится 22 декабря 2014 года в 9 часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии Донбасской государственной машиностроительной академии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: Станкостроение составляет основу тяжелого машиностроения, которое является базой для развития всех основных отраслей народного хозяйства – металлургии, энергетики, железнодорожного транспорта, автомобилей судостроения, строительства портов, нефтехимических заводов, освоения и добычи полезных ископаемых и т.д. Основная группа оборудования машиностроительных предприятий Украины - это токарные станки. На тяжелых токарных станках с числовым программным управлением производится механическая обработка широкой номенклатуры деталей, таких как прокатные валки, роторы турбин, колесные пары железнодорожного и горного транспорта, корабельные гребные валы и многое другое. Поэтому повышение эффективности работы тяжелого токарного оборудования является актуальной задачей.

Целью данной работы является повышение эффективности работы тяжелых станков за счет разработки системы адаптивного управления процессом резания.

Объектом исследования является процесс резания на тяжелом токарном станке.

Предметом исследования является оптимальное управление процессом резания в системе адаптивного управления.

Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие конструкции многоцелевых станков, методы адаптивного управления станками.
2. Проанализировать условия и режимы обработки деталей тяжелого машиностроения в производственных условиях.
3. Разработать методы и структурные схемы системы оптимального управления скорости подачи по усилию резания
4. Создать модели для оптимального управления процессом резания на тяжелом станке.
5. Разработать систему адаптивного управления тяжелым токарным станком с мехатронными узлами для регулирования скорости подачи.

Научная новизна:

1. Выявлены закономерности эксплуатации тяжелых станков с режимными параметрами.
2. Созданы законы управления процессом резания на тяжелых станках, обеспечивающие максимальную производительность при минимальной себестоимости.
3. Разработана мехатронная система адаптивного регулирования скорости подачи тяжелого токарного станка

Практическая ценность:

1. Произведена оптимизация режимов резания по критерию производительности, определены оптимальные режимы резания.

2. Разработана структурная схема системы оптимального управления скорости подачи по усилию резания, позволяющая повысить производительность черновой обработки.

3. Разработан мехатронный узел и управляющая программа оптимального регулирования скорости подачи многоцелевого тяжелого станка

Апробация результатов работы.

Основные результаты работы докладывались и получили положительную оценку на XII Международной конференции «Тяжелое машиностроение, проблемы и перспективы развития» г. Краматорск 2014г. Студенческая конференция ДГМА 2013г., 2014 г.

Публикации.

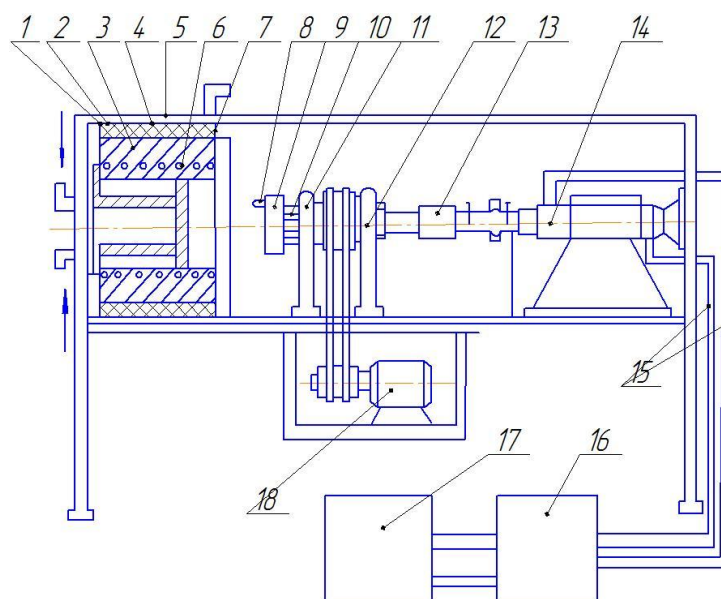
Основные результаты магистерской работы опубликованы в сборнике научных трудов «Надежность инструмента и оптимизация технологических систем» - Краматорск: ДГМА, 2014. –Выпуск 31, Выпуск 35

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследования, объект, предмет и методы исследования, научная новизна и практическое значение полученных результатов. Приведен уровень апробации работы, личный вклад соискателя.

В первом разделе «Аналитический обзор» выполнен анализ литературных источников многоцелевых тяжелых станков с ЧПУ, рассмотрены методы адаптивного управления для оптимизации путем управления точностью и производительностью непосредственно в процессе обработки деталей на тяжелых станках. Рассмотрены показатели оптимальности режимов резания. Критерий оптимальности необходимо выбирать в соответствии с конкретным производственным условиям и обстоятельствам. На это указывается в работах А. А. Маталина, Г. И. Грановского. В работе вводится термин «эксплуатационная ситуация», которая характеризуется условиями, в которых эксплуатируется машина. Влияние производственных обстоятельств на выбор оптимальных режимов резания в условиях массового производства анализировался в работе А. Н. Иноземцева. В работе И. М. Колесова указывается, что «автоматическое управление производственным процессом должно вестись по ситуации, для чего нужны соответствующие техника, информация, алгоритмы ее преобразования и управления».

Во втором разделе «Методики ускоренных испытаний» предложены общая методология работы.



1 – рама, 2 – печь, 3 – виброгаситель, 4 – цилиндр, 5 – контртелo, 6 – заслонка, 7 – образец, 8 – насадка, 9 – шлицевый вал, 10 – корпус, 11 – шкив, 12 – переходная муфта, 13 – динамометр, 14 – гидроцилиндр, 15 – шланги высокого давления, 16 – гидростанция, 17 – пульт управления, 18 – электродвигатель.

Рис.1 – Схема экспериментальной установки

В любую из радиальных ячеек, расположенных в торцевой плоскости насадки 8, в зависимости от необходимой линейной скорости устанавливается и закрепляется предварительно взвешенный образец 7. В качестве инструментального материала используется твердосплавная пластина. Схема закрепления твердосплавной пластины показана на рис. 2.2. Образец обрабатываемого материала 5 имеет цилиндрическую форму. С пульта управления 17 включается печь 2 для нагрева цилиндра 4 со сменным контртелом 5. При включении электродвигателя 18, на шлицевый шкив 11 и установленный в него вал 9 с насадкой 8 и образцом 7 передается крутящий момент. После этого приводится в действие гидростанция 16, соединенная с двухходовым гидроцилиндром 14, муфта 12 и шлицевый вал 9. Образец 7, вращаясь, перемещается в печь 2, одновременно происходят открытия заслонки в печи 2. При достижении контакта образца с нагретым сменным контртелом 5, устанавливается необходимое давление гидростанции. После заданной длительности испытаний образец выводится из печи, заслонка 6 закрывается и образец охлаждается на воздухе, затем цикл повторяется.

Третий раздел «Создание законов управления адаптивной системы на основе оптимизации режимов резания» посвящен выводу уравнений технологических ограничений, накладываемых на процесс обработки.

Для анализа математической модели процесса резания с использованием метода линейного программирования необходимо все неравенства технических ограничений и уравнение оценочной функции привести к линейному виду. Сведем неравенства технологических ограничений и уравнений целевой функции в одну систему.

$$W \left\{ \begin{array}{l} S \geq S_{cm \min} \\ S \leq S_{cm \max} \\ n \geq n_{cm \min} \\ n \leq n_{cm \max} \\ nS^{0.35} \leq \frac{1000(A - kE_{np})}{\pi d T^{0.2} t^{0.15} E_{np}^z} \\ n \geq \frac{318V_{техн}}{d} \\ n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{102 \cdot 60 \pi^{0.15} d^{0.15} N_H \eta}{1000^{0.15} (A_z + k_z E_{np}) t^1} \\ n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{\pi^{0.15} d^{0.15} \sigma_u B H^2}{6 \cdot 1000^{0.15} (A_z + k_z E_{np}) t^1 I_{в.р.} K_{3.п.}} \\ n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{250 \pi^{0.15} d^{0.15} B H^2}{1000^{0.15} I_{в.р.}^3 (A_z + k_z E_{np}) t^1} \\ n^{-0.3} S^{0.6} \leq \frac{0.15 \pi^{1.3} d^{0.3} d_{np}^4 \Delta (1 - K_{np}^4)}{64 \cdot 1000^{0.3} (A_y + k_y E_{np}) t^1} \\ nS \geq \frac{I_{р.х.} R}{60 K_3 r_R - T_{в.н} R} \\ S \leq 0.07 \sqrt{R_z \cdot r} \\ nS \rightarrow \max \end{array} \right.$$

Математическая модель процесса резания металлов может быть представлена как в аналитическом, так и в графическом виде.

Прямая каждого из неравенств, составляющих систему W , делит плоскость на две полуплоскости. По одну сторону от прямой расположены значения, удовлетворяющие неравенству, а по другую - не удовлетворяющие. Точки, лежащие на самой прямой, удовлетворяют уравнению. Поэтому эти прямые назовем граничными прямыми. На рис. 1 у каждой прямой стрелкой показано направление решений, удовлетворяющих неравенствам.

Граничные прямые, пересекаясь между собой, образуют многоугольник. Причем часть плоскости, ограниченная этим многоугольником, лежит по одну сторону от каждой граничной прямой, участвующей в его образовании.

Точки плоскости, расположенные внутри многоугольника, удовлетворяют неравенствам всех граничных прямых, участвующих в его образовании. Будем называть его многоугольником возможных решений. Этот многоугольник является выпуклым. Для выпуклого многоугольника можно построить множество таких прямых, что каждая из них имеет по крайней мере одну общую точку с многоугольником и весь многоугольник находится по одну сторону от такой прямой.

Прямые, отвечающие этим требованиям, называются опорными. На рис. 1. прямые функций $f_{\max}$ и $f_{\min}$ являются опорными.

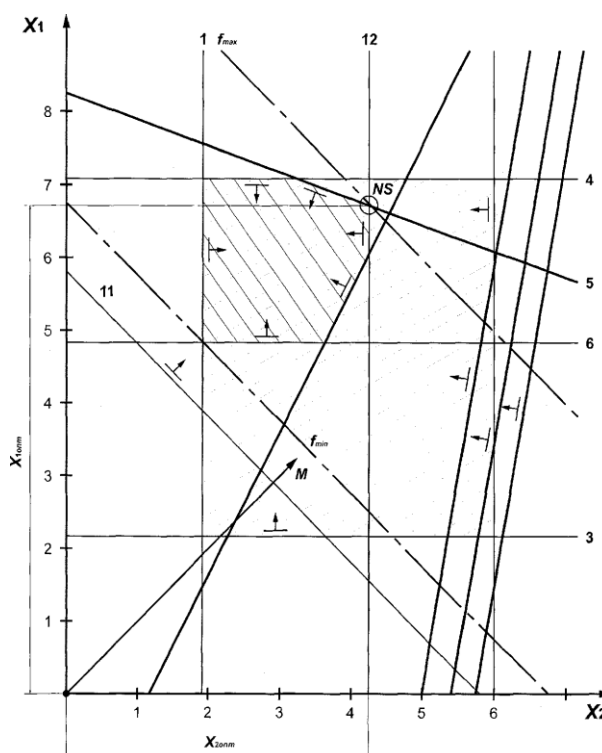
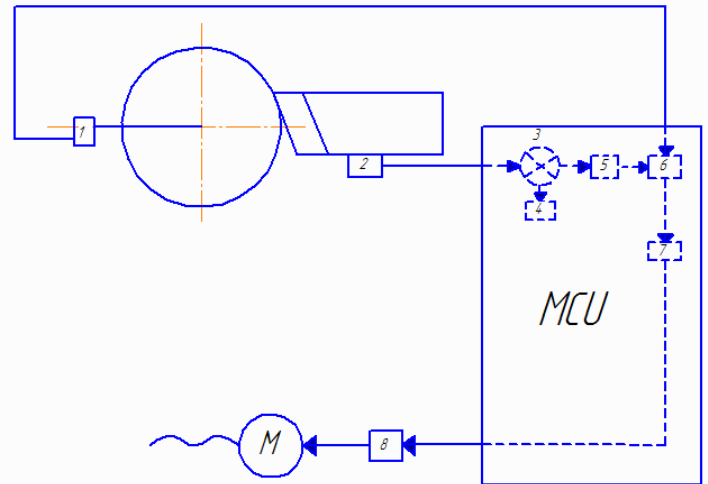


Рис. 1. - Математическая модель оптимального режима резания при токарной обработке.

Четвертый раздел «Разработка адаптивной системы управления продольной подачи для тяжелого токарного станка» При назначении оптимальных режимов резания необходимо учитывать множество факторов, связанных с фактическим состоянием заготовки, инструмента и всей технологической системы в целом, что и определяется актуальность разработки адаптивной системы управления скорости подачи тяжелого токарного станка.

Целью данной работы является повышение эффективности работы тяжелых станков за счет разработки системы адаптивного управления процессом резания.

Разработанная схема, предназначенная для автоматического поддержания заданного значения усилия резания при продольном точении на тяжелых токарных станках с целью получения максимальной производительности обработки при исключении перегрузок режущего инструмента.



Использование систем адаптивного оптимального управления позволит сократить затраты, повысить точность, увеличить срок службы режущего инструмента.

Раздел 5 «Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях». В данном разделе произведен анализ вредных и опасных производственных факторов, предложены мероприятия по производственной санитарии, мероприятия по технической безопасности, рассмотрена безопасность при чрезвычайных ситуациях

Раздел 6 «Организационно – экономическая часть» проектируемый станок превосходит станки аналоги по точности и производительности. Срок окупаемости до 0,1года. Ожидаемая чистая прибыль новой модели превышает прибыль базовой модели на 125755251грн.

Таблица 1

Технико-экономические показатели проекта

№	Наименование показателей, обозначение, размерность	Варианты		Δ (+ -)
		Базовый	Новый	
1	Установленная мощность, $P_{уст}$, кВт	110	110	0
2	Режим работы оборудования (к-во смен)	2		0
3	Изменение фонда вр. работы, $I_{ф.вр}$, %	100%	110%	+10%
4	Изменение произв-ти работы, $I_{пр}$, %	100%	130%	+30%
5	Изменение расходов на ремонт, $I_{п.э}$, %	100%	95%	-5%
6	Увеличение точн. изготовления продукции	100%	115%	+15%
7	Стоимость машины $C_{маш}$, грн.	6655843,2	7431839	775995
8	Стоимость капвложений, $K_{общ}$, грн.	14642855	15418851	775996
9	Фонд времени работы машины, $\Phi_{э}$, час.	3985	4064,7	79,7
10	Объем выпуска продукции, $N_{вып}$, шт.	166	239	73
11	Себестоимость год. выпуска, $C_{п.год}$, грн.	163369601	212380482	49010881
12	Чистая прибыль, $P_{чист}$, грн.	205782720	331537972	125755251
13	Ч.прибыль за модерн-цию, $P_{чист.мод}$, грн.	144047904	232076580	88028675
14	Экономическая эфф-ность, $\Delta C_{п.год}$, грн.	14851781,99		
15	Экономический эффект, $\Delta Z_{прив}$, грн.	772088		
16	Ср. окуп-ти ср-в на модерн-ию, $T_{ок.мод}$, лет	0,1		

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Существующие методы адаптивного регулирования для тяжелых токарных станков требуют дальнейшего усовершенствования и развития с компенсацией основных возмущающих факторов. Для обеспечения работоспособности современных тяжелых станков с ЧПУ необходима разработка законов управления режимами работы технологической системы.

2. Исследован метод ускоренных испытаний пластин металла, износостойкости и фрикционных свойств инструментальных материалов. Испытание резцов на прочность заключается в определении подачи,

достижение которой вызывает разрушение режущей части резца при значениях скорости и глубины резания за время меньшее времени работы на ступени.

3. Законы управления адаптивной системой получены на основе оптимизации режимов резания. Критерием оптимальности выбран: показатель производительности. Ограничениями выступают: прочность и жесткость режущего инструмента; точность обработки; мощность электропривода главного движения станках; заданная производительность станка на проектируемой операции; наименьшая скорость резания.

4. Проведена экспериментальная проверка оптимальных параметров процесса резания. Установлены взаимосвязи между режимами резания и параметрами технологической системы. Получены стойкостные зависимости, положенные в основу системы оптимального управления.

5. Критерием оптимальности выбран: показатель производительности. Ограничениями выступают: прочность и жесткость режущего инструмента; точность обработки; мощность электропривода главного движения станках; заданная производительность станка на проектируемой операции; наименьшая скорость резания.

6. Разработана система адаптивного оптимального управления тяжелым токарным станком на основе использования мехатронных элементов Произведен выбор и обоснование датчиков и двигателя

7. Разработана управляющая программа регулирования скорости подачи многоцелевого тяжелого станка для обеспечения максимальной производительности при черновой обработке с ограничением по прочности инструмента.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Обобщенная модель технологического процесса формообразования цилиндрических закаленных крупномодульных зубчатых колес / А. Н. Шелковой, Е. В. Мироненко, А. А. Ключко, В. А. Чмырь, М. А. Саенко // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2012. – Вып. 31. – С. 235–250