

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

УДК 621.9

Кучма Евгений Викторович

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ТЯЖЕЛЫХ СТАНКОВ

8.0505031 – металлорежущие станки и системы

Автореферат магистерской работы

Краматорск 2015 г.

Работа выполнена на кафедре компьютеризированные мехатронные системы, инструмент и технологии Донбасской государственной машиностроительной академии Министерства образования и науки Украины.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Клименко Галина Петровна

Защита состоится 28 декабря 2015 года в 10 часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии Донбасской государственной машиностроительной академии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время тяжелые токарно-карусельные и токарные станки находят применение во многих отраслях промышленности. При проектировании станков наиболее актуальными вопросами являются повышение производительности, универсальности и точности станков.

Основные задачи, стоящие перед станкостроением - значительное повышение производительности труда и уровня автоматизации в машиностроении.

Анализ информации, полученной при проектировании, изготовлении и эксплуатации тяжелых станков, позволит выявить наиболее эффективные пути повышения точности, надежности и производительности тяжелых станков, а также минимизировать влияния человеческого фактора при сборе статистической информации.

Повышение степени автоматизации металлорежущих станков требует разработки новых математических моделей, дающих возможность прогнозировать отказы инструментов, от которых зависят возрастающие по стоимости простои оборудования. Прогнозирование уровня надежности инструментов позволяет организовать регламентированную замену инструмента и сократить простои станка.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследования, которые выполнены в магистерской работе, связаны с государственными бюджетными темами кафедры компьютеризированные мехатронные системы, инструмент и технологии Донбасской государственной машиностроительной академии Д03-13 «Разработка технологических систем для экологической обработки деталей энергетики на базе адаптивных многоцелевых тяжелых станков».

Цель и задачи исследования. Повышение технологической системы тяжелых токарных и токарно-карусельных станков с точки зрения качества её функционирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1 Анализ конструктивных параметров тяжелых станков с целью повышения точности обработки на токарно-карусельных станках.
- 2 Спроектировать систему сбора статистических данных о фактических режимах резания для тяжелого токарного станка.
- 3 Исследовать надежность сборного резца для тяжелого токарного станка.
- 4 Разработать иерархическую систему качества тяжелого токарного станка.
- 5 Провести технико-экономический анализ результатов работы.
- 6 Проанализировать условия работы на тяжелых станках с точки зрения охраны труда и техники безопасности.

Объект исследования – технологическая система тяжелых станков.

Предмет исследования – закономерности работы технологической системы тяжёлых станков для обеспечения повышенной точности, производительности и универсальности.

Методы исследования. Работа выполнена на основе фундаментальных положений, технологии машиностроения, теории резания, проектирования станков и систем, теории квалиметрии, мехатронных систем, начертательной геометрии, компьютерной графики.

Научная новизна полученных результатов.

- Разработана иерархическая структура свойств, составляющих качество тяжелого станка, позволяющая найти пути повышения его качества.

- Получена и исследована математическая модель сборного резца, применение которой позволяет прогнозировать его надежность.

Практическая ценность. Разработан анализ конструктивных параметров тяжелых станков с целью повышения точности обработки на токарно-карусельных станках

- Разработана конструкция тяжелого токарного станка с применением автоматизированной системы сбора статистических данных о фактических режимах резания.

- Создана мехатронная автоматизированная система сбора статистических данных о фактических режимах резания на основе системы датчиков и микропроцессорной обработки данных и по следующей её передачи на главный сервер.

- Разработано программное обеспечение управления мехатронной системой на основе микроконтроллера ATmega8535.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных результатов работы обеспечивается точностью постановки задач, использованием математически корректных методов исследования.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задач работы; разработке методов их решения; проведении экспериментальных исследований. Вклад автора в работы, выполненные в соавторстве, состоял в непосредственном участии во всех стадиях работы, включая постановку задачи, выполнения теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты докладывались на конференциях:

Международная научно-техническая конференция « Автоматизированная система сбора статистических данных о фактических режимах резания»

Публикации. По результатам магистерской работы опубликовано 5 работ, в том числе 2 статьи в специализированных изданиях и 3 тезисы

Структура и объем работы. Магистерская работа состоит из 124 страниц, 33 рисунков, 15 таблиц, 52 ссылок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

Первый раздел посвящен структуре системы качества в соответствии с международными стандартами

В последнее десятилетие происходит быстрое, качественное изменение мировой промышленности. Многие эксперты говорят о третьей индустриальной революции. Суть происходящих перемен - в новом менеджменте, получившем название «Total quality mangement». Аббревиатура этих слов TQM - стала символом новой индустрии.

Для регулирования процесса проверки систем в ряде стран (США, Канада, Великобритания и др.) были созданы национальные стандарты, устанавливающие требования к системам обеспечения качества. В 1987 г. Международной организацией по стандартизации (ИСО) была утверждена серия международных стандартов ИСО 9000 - ИСО 9004, концентрирующая опыт, накопленный в различных странах, в том числе опыт внедрения на предприятиях СССР комплексной системы управления качества продукции.

Данная серия стандартов включает:

ИСО 9000. “Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Руководящие указания по выбору и применению”.

ИСО 9001. “Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и/или разработке, производстве, монтаже и обслуживании”.

ИСО 9002. “Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже”.

ИСО 9003. “Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях”.

ИСО 9004. “Общее руководство качеством и элементы системы качества. Руководящие указания”.

Учитывая прогрессивный характер международных стандартов ИСО серии 9000 и их регулирующую роль при выходе на международный рынок, у нас в стране действуют государственные стандарты, в основу которых положены международные стандарты ИСО серии 9000:

ГОСТ Р ИСО 9001-96. “Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и/или разработке, производстве, монтаже и обслуживании”.

ГОСТ 9002-96. “Система качества. Модель для обеспечения при производстве и монтаже ”.

ГОСТ 9003-96. “Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях”.

Международные стандарты ИСО 9000 и ИСО 9004 и накопленный отечественный опыт управления качеством продукции нашли отражение в рекомендациях по применению ГОСТ 40.9001-88 - ГОСТ 40.9003-88.

Вышеперечисленные стандарты действуют в условиях, когда осуществляется проверка системы обеспечения качества продукции предприятия, и в этих случаях они служат моделями, на соответствие которым система проверяется.

Второй раздел - рассмотрен анализ конструктивных параметров тяжелых станков с целью повышения точности обработки на токарно-карусельных станках за счет привода главного движения для позиционирования планшайбы.

Привод крепежной плиты состоит из коробки привода (1) и приводного блока (Рис. 1) Приводной блок состоит из планетарной коробки передачи (2), жестко привинченной к электромотору HIDEHINE PH7 224-7ND 130CCO. Мотор с коробкой передач соединен гибкой муфтой (4) с коробкой привода.

Натяжные моменты болтов указаны на виде «S». Весь комплект привода расположен в задней части станка под уровнем пола, Чугунная коробка привода (5) привинчена к фланцу станины стола и после достижения полной жесткости подперта специальными регулировочными шайбами (6), забетонированными в дно основания станка. Таким же образом в бетоне закреплена и планетарная коробка передач с электромотором.

После выполнения требования по увеличению крутящего момента крепежной плиты планетарная коробка передач с электромотором у станка - 2 шт., при этом каждая из них соединена в коробке привода с отдельной шестеренкой (7), находящейся в зацеплении с зубчатым венцом (8) крепежной плиты. Передача ведется через зубчатый вал (9), через колесо (10) с торцевым зубчатым сцеплением и косыми зубьями на шестерню (11) и зубчатое колесо (12) с коническим зубчатым сцеплением со спиральными зубьями. Шестерня (11) имеет зубчатое сцепление левое, колесо (12) имеет зубчатое сцепление правое. С зубчатого колеса (12) передача ведена на шестерню (7) с венцом (8). Сопряженная пара (6 и 7) имеет торцевое зубчатое сцепление с косыми зубьями.

Работа привода в основном режиме обработки:

Обточка:

Планетарная коробка передач(2) сконструирована так, что имеет возможность электрического переключения двух ступеней передачи:

первая ступень - электрически включаемая ступень с соотношением 4:1 имеет диапазон плавно изменяемых оборотов от 0,7 до 25 об/мин;

вторая ступень - ступень с соотношением 1:1 имеет диапазон плавно изменяемых оборотов от 2,8 до 100 об/мин.

При указанном способе обработки работают обе коробки передач (2) с электромоторами (3) совершенно равномерно в одинаковом режиме как относительно мощности, так и оборотов.

Фрезерование:

При данной функции включена первая ступень оборотов с соотношением 4:1. Рабочий режим таков, что один привод (электродвигатель (3) с планетарной коробкой передач (2)) работает на плавно изменяемых оборотах, как при токарной обработке, а второй привод по отношению к первому работает

медленнее, тормозя при этом зажимную панель и тем самым ограничивая зазор в зубчатом зацеплении между шестерней (6) и зубчатым венцом (7), наряду с этим служа для точного задания положения зажимной панели. Задание положения отслеживается инкрементным датчиком вращения для замера углового поворота зажимной панели, размещенным в ее центре. Датчик имеет электрическую связь с ротационным датчиком на главном электродвигателе (3), который при поступлении импульса останавливает зажимную панель в требуемое положение.

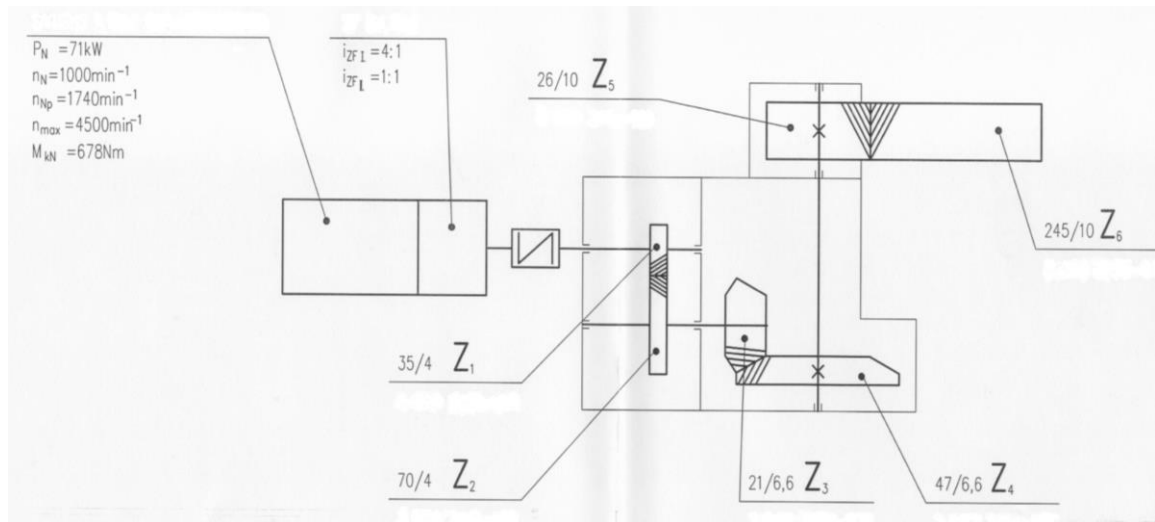


Рис. 1 - Кинематическая схема привода крепежной плиты

Третий раздел - разработать автоматизированную систему сбора статистических данных по режимам резания на тяжелых токарных станках.

Данная система будет применяться на тяжелых токарных станках, которая будет позволять оптимизировать процесс металлообработки, благодаря получаемой текущей информации по параметрам, определяющим условия и качество процесса резания.

Для разработки оптимальных нормативов режимов резания в технологическом процессе механообработки необходим сбор статистических данных о процессе резания по таким параметрам:

- t - глубина резания;
- S_o - подача;
- n min/max - обороты шпинделя;
- V_p - скорость резания;
- P_z, x, y - усилия резания;
- $M_{кр}$ - крутящий момент;
- N_p - мощность резания;
- D_d - диаметр текущей обработки;
- материал заготовки;
- материал инструмента;

- геометрия инструмента;
- T - стойкость инструмента;
- Ra - шероховатость обработанной поверхности;
- $t, ^\circ C$ - температура;
- вибрации;
- погрешность размеров;
- модель станка.

Для осуществления данного процесса были установлены на тяжелых токарных станках динамометрические датчики и другая контрольно-измерительная аппаратура для фиксации выходных характеристик процесса резания и дальнейшей передачи ее на главный сервер (Рис.2).

Подобные усовершенствования позволили повысить точность данных обработки на существующих станках, не затрачивая существенных средств на приобретение нового оборудования.

Не все параметры перечисленные выше поддаются прямому измерению, поэтому необходимо выбрать методы измерения и способы получения информации по каждому параметру:

- t - глубина резания - данные получаем при помощи оптического триангуляционного датчика;
- S_o - подача - данные получаем непосредственно от системы ЧПУ;
- $n \text{ min/max}$ - обороты шпинделя - данные получаем от датчика обратной связи;
- V_p - скорость резания - рассчитывается по известным исходным данным;
- P_z, x, y - усилия резания - данные получаем при помощи динамометрических датчиков;
- $M_{кр}$ - крутящий момент - данные рассчитываются по результатам измерения;
- N_p - мощность резания - данные рассчитываются по результатам измерения;
- D_d - диаметр текущей обработки - данные получаем из системы ЧПУ;
- материал заготовки - данные вводятся оператором вручную;
- материал инструмента - данные вводятся оператором вручную;
- геометрия инструмента - данные вводятся оператором вручную;
- T - стойкость инструмента - данные получаем непосредственно от системы ЧПУ, при участии оператора;
- Ra - шероховатость обработанной поверхности - данные получаем при помощи фотокамеры;
- $t, ^\circ C$ - температура - данные получаем при помощи пирометра без контактного;
- вибрации - данные получаем при помощи динамометрических датчиков;
- погрешность размеров - данные вводятся оператором вручную;
- модель станка - данные вводятся оператором вручную.

Четвертый раздел посвящен разработке математических моделей для прогнозирования надежности сборных инструментов.

С точки зрения надежности инструменты с твердосплавными многогранными неперетачиваемыми пластинами имеют параллельное соединение режущих элементов, так как система (инструмент) отказывает только после выхода всех элементов (режущих вершин) из строя. Наиболее эффективным методом повышения надежности таких систем является метод резервирования. Существует два метода резервирования: общее, при котором резервируется система в целом, и раздельное (поэлементное) резервирование, при котором резервируются отдельные элементы системы.

Общее резервирование для сборного режущего инструмента возможно реализовать применением различных упрочняющих технологий, повышающих надежность всей многогранной пластины. Поэлементное резервирование для сборного резца осуществляется введением в зону обработки нового режущего элемента при отказе предыдущего путем поворота многогранной пластины.

Общая формула для расчета надежности сборного резца с n - гранной неперетачиваемой пластиной имеет вид:

$$R_n(t) = R_{n-1}(t) + \int_0^t R(t, \tau) a_n(t) d\tau, \quad (1)$$

где $R_n(t)$ - надежность резца с n - гранной пластиной;

$R(t, \tau)$ - надежность одной резервной грани в течении времени $t - \tau$ при условии, что до момента времени τ она работоспособна;

$a_{n-1}(\tau)$ - частота отказов сборного резца при $(n-1)$ поворотов пластины.

Вероятность отказов резца $Q_n(t)$ определяется:

$$Q_n(t) = \int_0^t Q(t, \tau) a_{n-1}(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где $Q(t, \tau)$ - вероятность отказа резервной грани в течение времени $t - \tau$.

Формулы (1) и (2) позволяют вычислить уровень надежности сборных резцов с n - гранными пластинами (кратность резервирования равна $n-1$).

В случае, когда резервные грани пластины теряют надежность с момента замены отказавшего элемента (третий вид резерва), отказ $(n-1)$ граней пластины до момента τ произойти не может, то есть накоплением повреждений во всей пластине при работе одной гранью пренебрегаем.

Вероятность безотказной работы сборного резца в этом случае определяется:

$$R_n(t) = R_{n-1}(t) + \int_0^t R(t, \tau) a_n(\tau) d\tau = 1 - \int_0^t Q(t, \tau) a_{n-1}(\tau) d\tau, \quad (3)$$

Формула (3) позволяет вычислить уровень надежности сборного резца при любых законах распределения времени работы каждой грани пластины.

В случае экспоненциального закона распределения стойкости каждой грани сборного резца, расчет его показателей надежности:

а) при облегченном резерве:

$$R(t) = e^{-\lambda_0 t} \prod_{i=1}^n \left[1 + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{a_i}{i!} (1 - e^{-\lambda_0 t})^i \right]; \quad (4)$$

б) при ненагруженном резерве:

$$R(t) = e^{-\lambda_0 t} \prod_{i=1}^n \left[\sum_{i=0}^{n-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!} \right], \quad (5)$$

где $i=1 \dots n$ - число граней режущей пластины сборного резца;

λ - интенсивность отказов пластин за период $0 - t$.

Представленные выражения позволяют вычислять надежность сборного резца в зависимости от интенсивности отказов каждой вершины его режущей пластины.

Целесообразный уровень надежности сборного резца, который закладывается на стадии его проектирования определяется исходя из экономических критериев: затрат на инструмент и эксплуатационных расходов. Зависимость приведенных затрат от уровня надежности сборного резца не имеет оптимума, т.к. повышение надежности всегда требует дополнительных затрат. Однако, скорость этих затрат существенно повышается в диапазоне вероятности безотказной работы, равной 0,7 - 0,8.

Пятый раздел посвящен разработке иерархической системы свойств, оставляющих качества тяжелого станка.

Качество станка с точки зрения квалиметрии - это совокупность его свойств, обуславливающих пригодность выполнять свои функции в соответствии с назначением.

Для количественной оценки качества необходимым условием является разработка иерархической системы включающей свойства станка, находящиеся на различных уровнях - от простых свойств, показатели которых определяются метрологическими или эвристическими методами, до комплексных свойств, составляющихся из более простых, находящихся на более высоком уровне, вплоть до качества в целом (Рис.3).

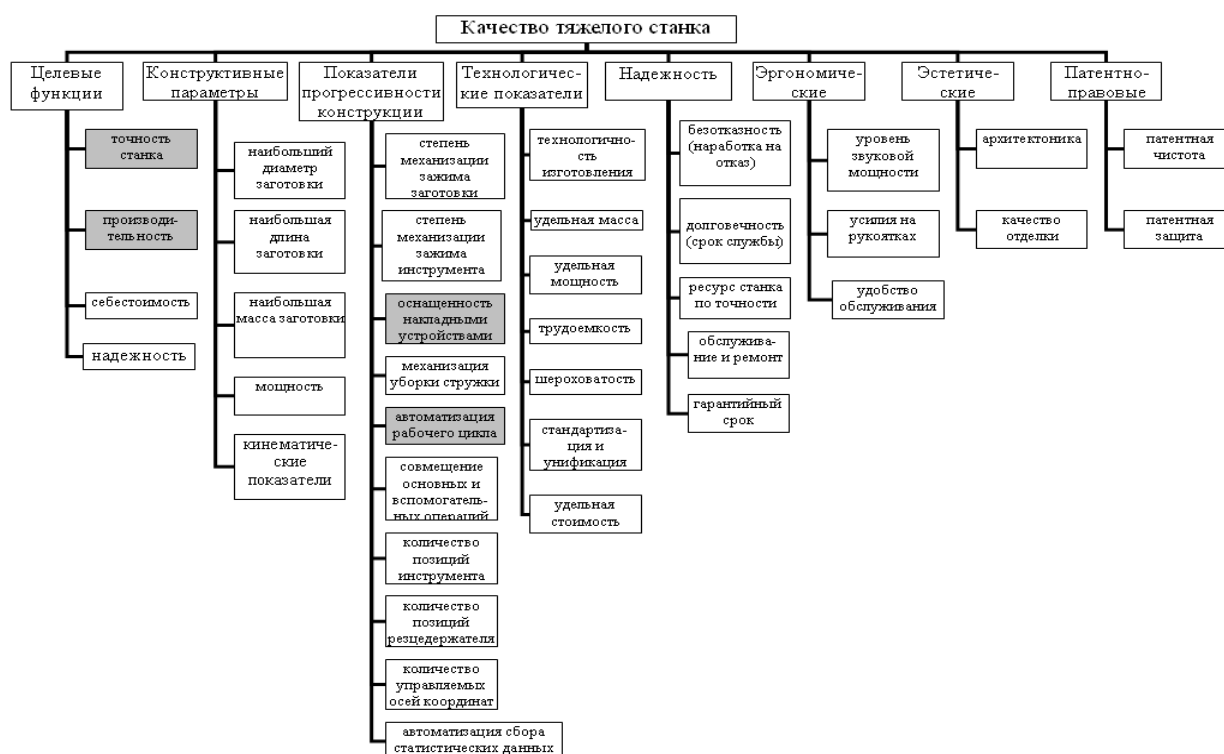


Рис.3- Иерархическая система свойств, составляющих качество тяжелого токарного станка

Номенклатура и весомости свойств, входящих в систему, определялись экспертным методом с привлечением специалистов станкостроительных предприятий.

Разработаны методики определения показателей простых свойств на основе статистических данных об изготовлении и эксплуатации тяжелых станков. Для определения комплексных показателей использованы математические модели квалиметрии.

Созданная иерархическая система применяется для сравнения качества разработанных конструкций станков с аналогами.

Шестой раздел является экономической частью магистерского дипломного проекта, в которой рассчитана себестоимость единицы продукции, оптовая и отпускная цена, рентабельность производства.

Седьмой раздел посвящен вопросу охраны труда. Проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, мероприятия по промышленной санитарии, технике безопасности. Выполнен расчет освещенности помещения инструментального цеха, рассчитана система защитного заземления.

ВЫВОДЫ

1 Произведен анализ условий эксплуатации тяжелых станков и режущих инструментов, применяемых на этих станках, который позволил сформулировать задачи исследования настоящей работы.

2 Разработана кинематическая схема привода крепежной плиты, которая в отличие от базового варианта позволяет за счет привода главного движения производить позиционирование планшайбы и тем самым повысить точность обработки в процессе резания.

3 Разработана автоматизированная система сбора статистических данных по режимам резания на тяжелых токарных станках, применение которой дает возможность существенно сократить время на сбор данных, необходимых для создания математических моделей, используемых для разработки конструкций станков и инструментов, а так же нормирования технологических операций станков на стадии их эксплуатации.

4 Получена математическая модель надежности сборного резца при рассмотрении его работоспособности при облегченном и ненагруженном резерве, применение которой позволяет прогнозировать безотказность резцов, что способствует сокращению простоев, позволяющая повысить производительность и точность сбора статистических данных, необходимых в дальнейшем для конструирования и эксплуатации режущего инструмента..

5 Разработана иерархическая система свойств, составляющих качество тяжелого станка, применение которой позволяет найти пути повышения качества, используя квалиметрический подход. Исследование свойств, составляющих качество спроектированного станка по сравнению с базовым вариантом конструкции показало, что уровень его качества повысился на 93%.

6 Экономический анализ результатов позволил установить, что проектируемый станок превосходит базовый станок по точности и

производительности. Срок окупаемости до 0,02 года. Ожидаемая чистая прибыль новой модели превышает прибыль базовой модели на 218311694,1 грн.

7 В разделе «Охрана труда» проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, разработаны мероприятия по обеспечению безопасных условий труда, рассчитаны защитные устройства. Рассчитанное значение сопротивления заземляющего устройства менее нормативного (3,3 Ом < 4 Ом), следовательно устройство спроектировано верно.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ МАГИСТЕРСКОГО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

1 Клименко Г.П. Разработка математических моделей для прогнозирования надежности инструментов/ Г.П. Клименко, Е.В. Кучма// Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем.- Краматорск: ДГМА, Вып. №36,-2015, с.132-135.

2 Ковалев В.Д. Иерархическая система свойств составляющих качество тяжелого станка/ В.Д. Ковалев, Г.П. Клименко, Я.В. Васильченко, Е.В. Кучма// Материалы XIII Межд.науч.техн.конференции «Важке машинобудування» проблеми та перспективи розвитку, 2-4 июня 2015г.-Краматорск: ДГМА.-с.41.

3 Клименко Г.П. Исследование качества эксплуатации технологической системы тяжелых станков/ Г.П. Клименко, Е.В. Кучма// Материалы XIII Межд.науч.техн.конференции «Важке машинобудування» проблеми та перспективи розвитку, 2-4 июня 2015г.-Краматорск: ДГМА.-с.41.

4 Клименко Г.П. Дослідження якості важких токарних верстатів та їх експлуатації/ Г.П. Клименко, Е.В. Кучма// Матеріали міжн. конференції молодих науковців.-Житомир: ЖДТУ.-с.62-63.

5 Клименко Г.П. Исследование качества тяжелых токарных станков и их эксплуатации/ Г.П. Клименко, Е.В. Кучма.-Вісник ДДМА, (в печати).

АННОТАЦИИ

Кучма Е. В. Исследование качества тяжелых станков. - Рукопись.

Магистерская работа на получение академической степени магистра по специальности 8.0505031 - Металлорежущие станки и системы. - Донбасская государственная машиностроительная академия. Краматорск, 2015.

Магистерская работа посвящена решению научно-технической задачи - исследование качества тяжелых станков.

Для реализации цели работы решены следующие задачи: исследовано качество тяжелого станка с привлечением теории квалиметрии, создана иерархическая система свойств качества станка. Разработана автоматизированная система сбора статистических данных о фактических режимах резания, применение которых позволяет исследовать качество эксплуатации тяжелых станков. Разработаны математические модели определения надежности сборных резцов с основой метода резервирования.

Ключевые слова: тяжелый станок, качество, иерархическая система, режимы резания.

АНОТАЦІЇ

Кучма Є. В. Дослідження якості важких верстатів. - Рукопис.

Магістерська робота на отримання академічного ступеня магістра за спеціальністю 8.0505031 - Металорізальні верстати та системи. - Донбаська державна машинобудівна академія. Краматорськ, 2015.

Магістерська робота присвячена вирішенню науково-технічної задачі - дослідження якості важких верстатів.

Для реалізації мети роботи вирішені наступні завдання: досліджено якість важкого верстата із залученням теорії кваліметрії, створена ієрархічна система властивостей якості верстата. Розроблено автоматизовану систему збору статистичних даних про фактичні режими різання, застосування яких дозволяє досліджувати якість експлуатації важких верстатів. Розроблено математичні моделі визначення надійності збірних різців з основою методу резервування.

Ключові слова: важкий верстат, якість, ієрархічна система, режими різання.

ANNOTATIONS

Kuchma EV Study of heavy machine tools. - Manuscript.

Master's thesis to receive the academic degree of Master of Science 8.0505031 - Metal-cutting machines and systems. - Donbass State Engineering Academy. Kramatorsk, 2015.

Master's thesis is devoted to solving scientific and technological problems - Research Quality heavy machinery.

To implement the objectives of the work following tasks: to investigate the quality of heavy machine using the theory of quality control, it established a hierarchy of quality properties of the machine. The automated system of collection of

statistical data on the actual cutting conditions, the use of which allows to investigate the quality of the operation of heavy machinery. The mathematical model for determining the reliability of modular tools with a basis of redundancy.

Keywords: heavy machine, quality, hierarchical system, cutting conditions.