

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

ТЕРЕЩЕНКО ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЗУБЧАТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ
ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ.

8.05050301 – металлорежущие станки и системы

Автореферат магистерской работы

Краматорск – 2015

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

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Ключко Александр Александрович

Защита состоится «_28_» ____декабря____ 2015 г. в ____ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии в Донбасской государственной машиностроительной академии по адресу: г. Краматорск, б-р Машиностроителей, 34, корп. № 3, ауд. 3308.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Важнейшей проблемой современных ТТС является снижение шумности, вибрационных нагрузок, энергосбережение, вследствие повышения надежности высокоскоростных тяжело нагруженных зацеплений зубчатых пар редукторов. В связи с этим возникает потребность в повышении износостойкости, увеличении длительности эксплуатации зубчатых зацеплений. Рассматриваются реологические свойства смазочной жидкости и изучаются методы управления трением, правильный выбор материалов по износостойкости, рациональность конструирования подвижных сопряжений и оптимизация условий эксплуатации.

Повышение надежности является одним из самых приоритетных направлений развития промышленности.

Связь с научными программами, планами, темами. Работа выполнена на кафедре «Компьютеризированные мехатронные системы, инструменты и технологии» Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА) и является составной частью научных исследований, проведенных кафедрой в рамках комплексного плана исследований Министерства образования Украины по проблеме разработки прогрессивных конструкций станков с целью повышения их долговечности с использованием новых видов смазок. Результаты магистерской работы использованы при исполнении госбюджетной темы.

Целью исследования является изучение методов повышения надежности и износостойкости высокоскоростных зубчатых цилиндрических передач ТТС с ЧПУ обеспечением гидродинамических свойств.

Задачи исследования:

1. Исследовать основные параметры зубчатых передач тяжелых токарных станков.
2. Произвести анализ видов трения и износа при зацеплении цилиндрических зубчатых передач
3. Анализ исследований перспективности магнитосодержащих

смазочных веществ.

4. Проанализировать соответствие теории экспериментам расчета толщины смазочного слоя.

5. Критерий работоспособности магнитожидкостных смазочных веществ в трибосопряжениях.

Объект исследования: тяжелый токарный станок с ЧПУ, шпиндельные бабки, зубчатые передачи.

Предмет исследования: изучение и обобщение методов по разработке высокоскоростных и тяжелонагруженных зубчатых передач с использованием гидродинамического эффекта эвольвентных поверхностей зубчатых колес.

Методы исследования. Решение поставленных в работе задач осуществлялось с использованием теоретических и экспериментальных методов исследования. Методологической основой работы является системный подход к изучению и описанию объекта и предмета исследования. Теоретические исследования базируются на основных положениях технологии машиностроения.

Научная новизна полученных результатов:

1. Уточнен способ создания и удержания определенной толщины слоя масла в интерполяции в совокупности с магнитными маслами и медными присадками.

2. Впервые приведена методика контактно-гидродинамического расчета толщины смазочного слоя с учетом особенностей реологических свойств магнитожидкостных смазок.

3. Уточнены трибологические особенности и пути повышения износостойкости зубчатых передач с учетом решения контактно-гидродинамической проблемы ТТС с ЧПУ.

Практическое значение полученных результатов заключается:

- в разработке рекомендаций по изучению магнитожидкостных смазок высокоскоростных зубчатых передач с эффектом избирательного переноса,

перспективности магнитного способа подачи смазки;

- в особенностях применения, критериях работоспособности магнитожидкостного смазочного материала в трибосопряжениях высокоскоростных и тяжело нагруженных зубчатых зацеплений.

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 работы. Основные положения и результаты магистерской работы докладывались на XII международной научно-технической конференции «Тяжелое машиностроение. Проблемы и перспективы развития» (г. Краматорск, 2015).

Публикации. По результатам магистерской работы опубликовано 3 работы, среди них: 2 – в специализированном издании ВАК Украины и 1 тезисы докладов.

Структура и объем работы. Магистерская работа состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, библиографического списка из 127 наименований и одного приложения. Основной текст изложен на 195 страницах машинописного текста, включающих 66 рисунков, 21 таблицу. Общий объем работы составляет 226 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность магистерской работы, поставлена цель и сформулированы задачи исследования, научная новизна и практическая значимость.

В первом разделе отмечены основные направления исследований в области трибологии и триботехники, которые сложились к настоящему

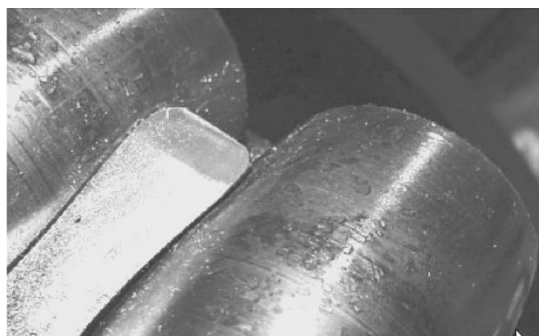
времени.

Первое из них – структурные аспекты разрушения поверхности при трении. Исследования эволюции структуры приповерхностных объемов, приводящей к отделению частиц износа, которые сделают понимание процессов трения более полным.

Вторым направлением исследований является анализ возможных моделей процесса изнашивания, поскольку для предотвращения поверхностного разрушения при трении необходимо знать причины отделения частиц износа.

Третье – заключается в изучении возможности прогнозирования износостойкости по стандартным характеристикам механических свойств и, особенно, по критериям вязкости разрушения.

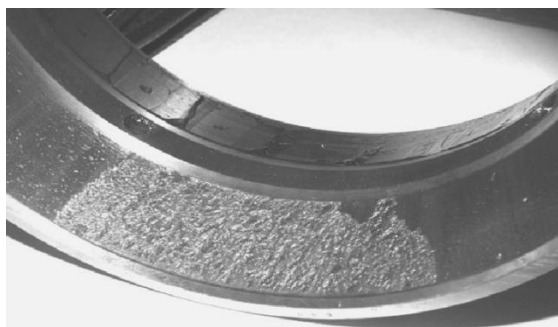
Виды трения и износа при зацеплении:



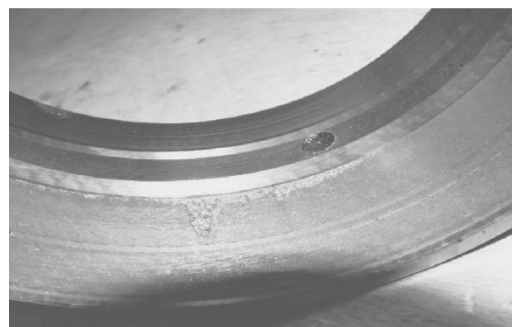
Окислительный износ



Износ схватыванием второго рода



Усталостное выкрашивание



Абразивный износ

Дан анализ современному состоянию скольжения и трения в зацеплении высокоскоростных тяжелонагруженных зубчатых передач, проанализированы этапы процессов трения, виды разрушения поверхностей и образование частиц износа. Приведены виды трения и износа при зацеплении

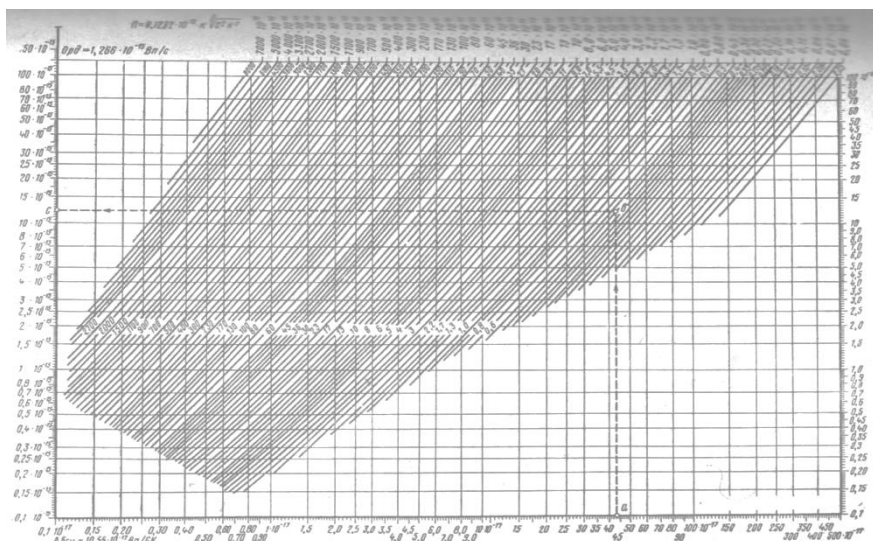
цилиндрических зубчатых колес. Описаны основные направления исследований в области трибологии и триботехники и пути повышения износостойкости зубчатых передач.

Идеальным, с точки зрения износостойкости является полное устранение металлического контакта между рабочими поверхностями. Примером без износных узлов могут служить электромагнитные муфты и тормоза, у которых крутящий момент создается за счет возникновения электромагнитных сил в зазоре между рабочими поверхностями.

Во втором разделе работы даны теоретические основы направления по повышению долговечности зубчатых передач ТТС, в частности проблема износостойкости тяжело нагруженных зубчатых передач при жидкостной смазке. Определены задачи, объекты и основные направления методологии исследования. Дан анализ методическим принципам испытаний и средствам регистрации опытных параметров. Даны теоретические основы расчета зубчатых цилиндрических колес ТТС при максимальных нагрузках с обеспечением контактной прочности. Изложена методика контактно-гидродинамического расчета толщины смазочного слоя.

Обеспечение контактно-гидродинамического расчета толщины смазочного слоя основывается на изучении параметров статистической обработки результатов расчета и определяется семейством кривых.

Номограмма толщины смазочного слоя



$$h_0 = \frac{3,17[\mu_0(U_a+U_b)]^{0,75}n^{0,6}}{K_0^{0,15}(\lambda_a\pm\lambda_b)^{0,4}}.$$

В третьем разделе описано трение и условия смазки зубчатых передач, произведен расчет зубчатых передач с учетом гидродинамических показателей смазки. Проанализирована зависимость износостойкости зубчатых пар от частоты их вращения и температуры смазочного масла.

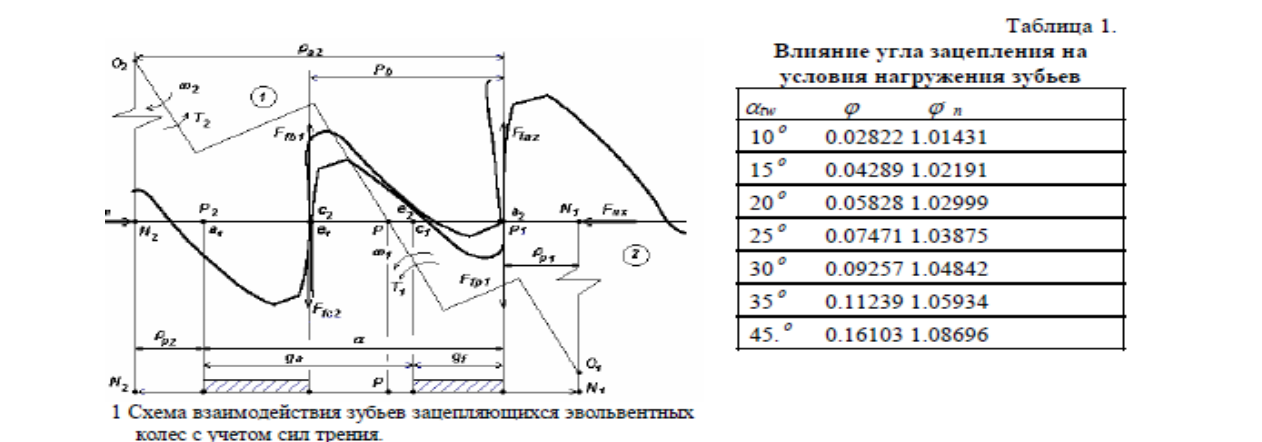


Таблица 1.
Влияние угла зацепления на условия нагружения зубьев

α_{nw}	φ	φ_n
10°	0.02822	1.01431
15°	0.04289	1.02191
20°	0.05828	1.02999
25°	0.07471	1.03875
30°	0.09257	1.04842
35°	0.11239	1.05934
45°	0.16103	1.08696

Надежность жидкостной смазки возрастает с увеличением суммарной скорости движения контактирующих поверхностей зубьев, увеличением вязкости масла, увеличением ширины площадки мгновенного упругого контакта, увеличением приведенной кривизны поверхностей зубьев в эффективном направлении.

В четвертом разделе описаны магнитожидкостные смазки, как новый вид смазок. Дана оценка критериям работоспособности магнитожидкостного смазочного материала в трибоспряжениях и перспективности данного способа подачи смазки. Изложены практические аспекты создания

M

a

 Γ

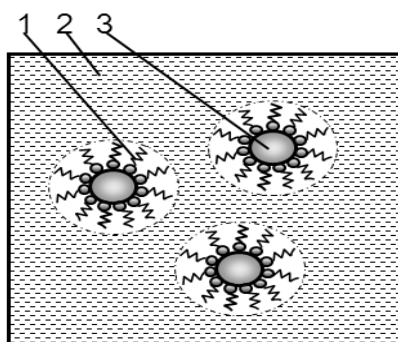
H

И

T

H

Ы



1 — ПАВ; 2 — дисперсная среда; 3 — дисперсная фаза (твердые частицы)

зубчатых зацеплений.

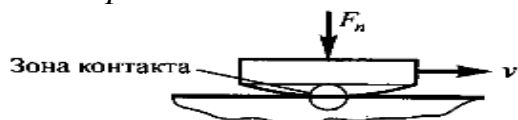
Структура магнитожидкостного смазочного материала:

Магнитосодержащие материалы (МСМ) содержат ферромагнитные частицы размером до 0,01 мкм. Для предотвращения агрегатирования частиц их покрывают молекулами поверхностно-активных веществ (ПАВ). МСМ состоит из трех основных компонентов: ПАВ 1, дисперсной среды 2 и дисперсной фазы (твердых частиц) 3.

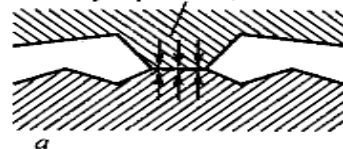
В магнитном поле ферромагнитные частицы (дисперсная фаза) преодолевают энергию магнитной анизотропии и принимают направление магнитного поля, поэтому МСМ намагничиваются.

В пятом разделе дан анализ совершенствованию зубчатых зацеплений с учетом эффективности применения смазок. Проанализирован механизм действия смазочных жидкостей, а также классификация и основные функции. Разработаны рекомендации по усовершенствованию зубчатых зацеплений с учетом эффективности применения смазки.

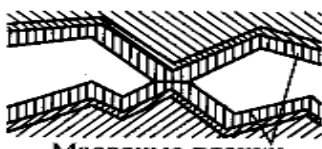
Виды трения в зоне контакта



Молекулярное сцепление

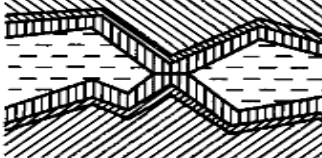


а

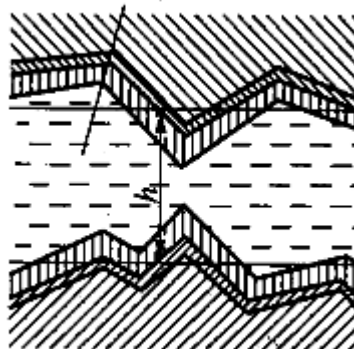


Масляные пленки б

Поверхностные пленки



Масляный слой



д

трение без смазочного материала (а — ювенильное трение, б — «сухое» трение); трение со смазочным материалом (в — граничная смазка, г — полужидкостная смазка, д — жидкостная смазка)

ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ и обобщены новые направления в изучении проблемы обеспечения гидродинамических свойств для тяжело нагруженных зубчатых цилиндрических передач ТТС с ЧПУ.
2. Уточнены трибологические особенности и пути повышения износостойкости зубчатых передач с учетом решения контактно-гидродинамической проблемы ТТС с ЧПУ.
3. Разработаны рекомендации по изучению магнитожидкостных смазок высокоскоростных зубчатых передач с эффектом избирательного переноса, перспективности магнитного способа подачи смазки.
4. Обобщены особенности применения, критерии работоспособности магнитожидкостного смазочного материала в трибосопряжениях высокоскоростных и тяжело нагруженных зубчатых зацеплений.
5. Разработаны рекомендации по усовершенствованию зубчатых зацеплений с учетом эффективности применения смазки.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ МАГИСТЕРСКОГО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

1. Шелковой А.Н. Общая имитационная модель формирования погрешностей при зубообработке лезвийным инструментом / А.Н. Шелковой, А.А. Ключко, С.Ю. Палашек, Т.В. Терещенко // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: матеріали тринадцятої Міжнар. наук.-техн. конф., 2–4 червня 2015 р. / за загал. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ : ДДМА, 2015. – С. 93.
2. Предпосылки моделирования контактно-гидродинамической задачи высокоскоростных цилиндрических зубчатых передач тяжелых токарных станков / Ю.В. Тимофеев, А.Н. Шелковой, А.А. Ключко, Т.В. Терещенко // Сборник научных трудов “Проблемы проектирования и автоматизации в машиностроении – 2015: сборник научных трудов [Текст] / ЗАО «ОНИКС». –

Ирбит: ЗАО «ОНИКС», 2015. – С. 120–131. (Серия: «Проектирование и применение режущего инструмента в машиностроении» / Общ. ред. Ю.М. Соломенцев). ISBN-978-5-906703-08-8.

3. Прогнозирование ресурса конических передач с двояковыпукло-вогнутыми зубьями. / Кузнецова А.В., Гнитько А.Н., Терещенко Т. В.//Вістник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія : Технології в машинобудуванні. – Х.:НТУ «ХПІ».- 2015.- №4(1113).- С.119-123.

АННОТАЦИИ

Терещенко Т.В. Гидродинамические свойства зубчатых передач тяжелых токарных станков. Рукопись

Магистерская работа на получение академической степени магистра по специальности 8.05050301 – Metallорежущие станки. – Донбасская государственная машиностроительная академия. Краматорск, 2015.

Магистерская работа посвящена решению научно- технической задачи - Обеспечение гидродинамических свойств высокоскоростных зубчатых цилиндрических передач тяжелых токарных станков с ЧПУ. Для достижения

п

о

с

т

а

в

л

е

Ключевые слова: ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, ТЯЖЕЛЫЙ ТОКАРНЫЙ СТАНОК, КОТАКТНО-

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ, МАГНИТНЫЕ МАСЛА,

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫЕ ЗУБЧАТЫЕ

ПЕРЕДАЧИ, ТОЧНОСТЬ, МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ, ВЯЗКОСТЬ

СМАЗОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ, ТОЛЩИНА СМАЗОЧНОГО СЛОЯ, ТРЕНИЕ

ц

е

л

ПРИ ТОЧЕЧНОМ КОНТАКТЕ, РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТИ.

АНОТАЦІЇ

Терещенко Т.В. Гідродинамічні властивості зубчастих передач важких токарних верстатів. Рукопис

Магістерська робота на отримання академічного ступеня магістра за спеціальністю 8.05050301 - Металорізальні верстати. - Донбаська державна машинобудівна академія. Краматорськ, 2015.

Магістерська робота присвячена вирішенню науково-технічної задачі - Забезпечення гідродинамічних властивостей високошвидкісних зубчастих циліндричних передач важких токарних верстатів з ЧПК. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: дослідити основні параметри зубчастих передач важких токарних верстатів, провести аналіз видів тертя і зносу при зачепленні циліндричних зубчастих передач. Виконати аналіз досліджень перспективності магніто мастильних речовин, уточнити відповідність теорії експериментам розрахунку товщини мастильного шару. Розробити методи критеріїв працездатності магніторідинних мастильних речовин в зачепленні.

Ключові слова: ЗНОСОСТОЙКІСТЬ, ДОВГОВІЧНІСТЬ, ВАЖКИЙ ТОКАРНИЙ ВЕРСТАТ, КОНТАКТНО-ГІДРОДИНАМІЧНА ТЕОРІЯ, МАГНІТНІ ОЛІЇ, ВИСОКОШВИДКІСНА ВАЖКОНАВАНТАЖЕНА ЗУБЧАТА ПЕРЕДАЧА, ТОЧНІСТЬ, МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ, В'ЯЗКІСТЬ МАСТИЛЬНОЇ РІДИНИ , ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОГО ШАРУ, ТЕРТЯ ПРИ ТОЧКОВОМУ КОНТАКТІ, РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РІДИНИ.

ANNOTATION

Tereshchenko T.V. Hydrodynamic properties gears heavy lathes. Manuscript

Master's thesis for a master's degree in an academic specialty 8.05050301 -

Cutting machines. - Donbass State Engineering Academy. Kramatorsk, 2015.

Master's thesis is devoted to solving scientific and technological objectives - ensuring hydrodynamic properties of the high-speed gear cylindrical gear heavy CNC lathes. To achieve this goal it is necessary to solve the following tasks: to investigate the basic parameters of the gears of heavy lathes, analyze types of friction and wear at the engagement of cylindrical gears. Analyze the research prospects magneto-containing lubricants to clarify compliance with the theory of experiments for calculating the thickness of the lubricating layer. Develop methods criteria of efficiency magnetic liquid lubricants in friction units.

Keywords: WEAR RESISTANT, DURABLE, HEAVY LATHE, CONTACT- HYDRODYNAMICS THEORY, MAGNETIC OIL, HIGH-SPEED HEAVY-DUTY GEARS, ACCURACY, METHODS OF INCREASE OF THE VISCOSITY OF LUBRICATING FLUID FILM THICKNESS, FRICTION AT THE POINT CONTACT, RHEOLOGICAL FLUID PROPERTIES.