

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Полоцкий государственный университет)

УДК 621.892

№ госрегистрации 20160442

Инв. № _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе Полоцкого государственного университета,
к. т. н., доцент

_____ Ю.П. Голубев

« ____ » _____ 2019 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

«Разработка методов формирования поверхностных слоев повышенной нагрузочной способности трибомеханической обработкой деталей мобильной техники»

(заключительный)

задание 2.33 ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» (Физматтех) подпрограмма «Наноматериалы и нанотехнологии» (Нанотех)

на 2016–2019 гг.

Начальник ОСНИ

_____ Т.В. Гончарова

« ____ » _____ 2019 г.

Декан Механико-технологического факультета, научный руководитель НИР,
канд. техн. наук, доцент

_____ А.В. Дудан

« ____ » _____ 2019 г.

Новополоцк 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель задания, канд. техн. наук, доцент	_____ « ____ » _____	2019г.	А.В. Дудан (научное руководство, введение, разделы 2-3, заключение)
Научный сотрудник	_____ « ____ » _____	2019г.	М.В. Семенченко (разделы 1, 4)
Младший научный сотрудник	_____ « ____ » _____	2019г.	А.А. Гуца (раздел 5, оформление отчета)
Нормоконтролер	_____ « ____ » _____	2019г.	Л.В. Ищенко

РЕФЕРАТ

Отчет 46 с., 13 рис., 6 табл., 40 источников
ПАРА ТРЕНИЯ. МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ. ТЯЖЕЛО-
НАГРУЖЕННЫЕ УЗЛЫ ТРЕНИЯ. ПОВЕРХНОСТНЫЕ СЛОИ. ТРИБОМЕ-
ХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА. СМАЗОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ

Объектом исследования являются поверхностные слои повышенной нагрузочной способности элементов узлов трения.

Цель работы - разработка методов формирования поверхностных слоев повышенной нагрузочной способности трибомеханической обработкой элементов узлов трения для повышения ресурса мобильной техники и снижения затрат на ее техническое обслуживание.

Установлено влияние условий и режимов трибовзаимодействия на свойства поверхностей трения.

Разработана экспериментально-статистическая модель процесса трибомеханического модифицирования поверхности трения деталей мобильной техники, в среде смазочного материала, содержащего наноразмерные добавки позволяющая установить оптимальные режимы для его реализации (удельная нагрузка, МПа — 18..22; скорость скольжения, м/с - 0,75..1,15; концентрация наноалмазов, мас.% - 0,25..0,5).

Разработан технологический процесс трибомеханического модифицирования рабочих поверхностей мобильной техники, обеспечивающий повышение их микротвердости, износостойкости (в 5-6 раз) и нагрузочной способности и снижение коэффициента трения на 15-20%.

Стендовыми и эксплуатационными испытаниями установлено, что трибомодифицирование рабочих поверхностей деталей по разработанной технологии позволяет обеспечить требуемый коэффициент трения ($f=0,05-0,10$) и значительно уменьшить интенсивность изнашивания элементов узлов трения тракторной техники, что в свою очередь способствует повышению их ресурса и производительности машин за счет уменьшения времени простоев по причинам износа деталей на 22-26%.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ	8
1.1 Абразивосодержащие приработочные составы	9
1.2 Ремонтно-восстановительные составы	10
1.3 Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО)	18
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	24
2.1 Исследуемые материалы	24
2.2 Оборудование	24
2.3 Методики исследований	26
2.4 Статистическая обработка результатов экспериментов	27
ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ И РЕЖИМОВ ТРИБОВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ	29
3.1 Установление оптимального режима	29
3.2 Определение оптимальной концентрации наноконпонентов в смазочном материале	30
3.3 Определение влияния режима термообработки поверхности трения на ее износ	31
ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ В СРЕДЕ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО НАНОРАЗМЕРНЫЕ ДОБАВКИ	33
4.1 Выбор параметров и критериев для разработки экспериментально-статистической модели процесса трибомеханического модифицирования поверхности трения	33
4.2 Построение многокритериальной экспериментально-статистической модели процесса трибомеханического модифицирования поверхности трения	34
4.3 Определение оптимальных режимов трибомеханической обработки поверхностей трения мобильной техники	36
4.4 Проверка адекватности экспериментально-статистической модели процесса трибомеханического модифицирования поверхности трения	37
ГЛАВА 5 ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	39
5.1 Разработка типового технологического процесса трибомеханического модифицирования узлов трения	39
5.2 Изготовление экспериментальных образцов элементов узлов	

трения с трибомеханическим модифицированием их рабочих поверхностей	40
5.3 Эксплуатационные (стендовые) испытания экспериментальных образцов элементов узлов трения с трибомеханическим модифицированием их рабочих поверхностей	40
5.4 Перспективы применения трибомеханического модифицирования для повышения ресурса узлов трения мобильной техники	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	44

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Повышение свойств пластичных смазочных материалов применением ультрадисперсного наполнителя/ Докшанин С.Г. / ФГАОУ ВПО СФУ, г. Красноярск, РФ. – 2010. – с. 341-345.
2. Антифрикционная присадка: патент 2225879 РФ МПК С 10М 125/00. / Поляков Л.А. [и др.]; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Комбинат «Электрохимприбор». – № 042002121965/04; – заявл. 12.08.2002;опубл.20.03.2004, бюл. № 3.
3. Пластичная смазка: патент 2163921 РФ МПК С 10М 125/00. / Щелканов С.И. [и др.]; заявитель Красноярский государственный технический университет. – № 99110709/04; – заявл. 12.05.1999;опубл. 10.03.2001, бюл. № 6.
4. Антифрикционная смазка для абразивной обработки материалов: патент 2030449 РФ МПК С 10М 125/02. / Баранов А. И. [и др.]; заявитель Научно-производственное объединение «Алтай». – № 4931340/04; – заявл. 26.04.1991;опубл. 10.03.1995, бюл. № 5.
5. Наноматериалы и нанотехнологии для машиностроения: состояние и перспективы применения/ Кочанов Д.И./ журнал «РИТМ» №8(56) 2010, МИПК МГТУ им. Н.Э. Баумана. – с. 16-21.
6. Гельчинский, Б.Р. Нанодисперсные порошки цветных металлов и наноструктурные материалы на их основе / Б.Р. Гельчинский, Л.В. Золотухин, М.В. Вахрушев // Наноструктурные материалы – 2008: Беларусь-Россия-Украина (НАНО-2008): материалы первой междунар. науч. конф. (Минск, 22–25 апр. 2008 г.) / ред. кол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2008. – С. 190–191.
7. Балабанов, В.И. Трение, износ, смазка и самоорганизация в машинах / В.И. Балабанов, В.И. Беклемышев, И.И. Махонин. – М.: Изумруд, 2004. – 192 с.
8. Металлоплакирующий смазочный концентрат для двигателей внутреннего сгорания: Патент 1639040 Россия: МПК⁶ С 10 М 163/00, С 10 N 20:06, 40:25. / Фришберг И.В., Латош Н.И., Кишкопаров Н.В., Субботина О.Ю.; № 4680833//04; заявл. 18.04.89; опубл. 20.11.97. Бюл. № 32.
9. Металлоплакирующий смазочный концентрат для двигателей внутреннего сгорания: Патент 21393119 Россия: МПК⁶ С 10 М 163/00, С 10 N 20:06, 40:25 / Пастухов В.П., Смирнов Б.Н., Селетиков А.И., Латош Н.И.; № 98106190/04; заявл. 02.04.98; опубл. 10.10.99. Бюл. № 28.
10. Смазочная композиция: Патент 2161177 Россия: МПК⁷ С 10 М 125/00, С 10 N 10:04, 10:12, 30:06. / Кузьмин В.Н., Дудко П.П., Фришберг И.В., Кишкопаров Н.В.; № 99116344/04; заявл. 29.07.99; опубл. 27.12.2000. Бюл. № 36.
- 11 Состав для обработки пар трения и способ его изготовления: патент 2168662 РФ, МПК С10М 125/04. / Ильин А.П. [и др.]; заявитель Республиканский научно-технический центр по восстановлению и упрочнению деталей машин и механизмов СО РАН. – № 4827712/04; заявл. 22.05.1990; опубл. 10.02.1996, бюл. № 16.

12 Пластичный металлолакирующий состав: патент 2139920 РФ, МПК С10М 125/04. / Фришберг И.В. [и др.]; заявитель И.В. Фришберг. – № 98103404/04; заявл. 24.02.1988; опубл. 20.10.1999, бюл. № 11.

13 Металлолакирующая присадка: патент 2178803 РФ МПК С 10М 125/02. / Никитин Е. В. [и др.]; заявитель Государственное предприятие «Комбинат «Электрохимприбор». – № 99126880/04; – заявл. 16.12.1999; опубл. 27.01.2002, бюл. № 3.

14 . Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения; Под ред. Д.Н. Гаркунова. – М.: Машиностроение, 1982. – 207 с.

15. Кужаров, А.С. Молекулярные механизмы саморганизации при трении. Часть 2. Ориентационная упорядоченность поддерживающего слоя при самоорганизации в гидродинамическом режиме трения / А.С. Кужаров, С.Б. Булгаревич, А.А. Кужаров, К. Кравчик // Трение и износ. – 2001. – Т. 22, № 4. – С. 650–658.

16. Поляков, А.А. Основные явления избирательного переноса в узлах трения машин / А.А. Поляков // Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения. – М.: Машиностроение, 1982. – С. 30–38.

17. Комаров, С.Н. Металлолакирующие смазочные материалы для пар трения сталь-сталь / С.Н. Комаров, В.Ф. Пичугин // Долговечность трущихся деталей машин. – М.: Машиностроение, 1990. – Т. 5. – С. 70–85.

18. Металлолакирующая присадка: патент 859425 Россия: МПК С 10 М 1/24 / Прокопенко А.К., Симаков Ю.С., Гаркунов Д.Н., Красилов С.Г.; № 2873847/23-04; заявл. 28.12.78; опубл. 30.08.81, Бюл. №32.

19. Металлолакирующая смазка: а. с. 958479 СССР: МПК С 10 М 5/02, С 10 М 5/12, С 10 М 5/20 / Кужаров А.С., Онищук Н.Ю., Кутьков А.А., Гречко В.О., Попов Ю.И., Никитченко Н.Ф., Полтавец Ю.Г., Стенько Д.А.; № 3244311/23-04; заявл. 01.02.81; опубл. 15.09.82, Бюл. №34.

20. Мельниченко, И.М. О влиянии твердых наполнителей на эксплуатационные свойства пластичных смазок / И.М. Мельниченко, А.П. Грибайло, В.О. Замятин // Трение и износ. 1980. – Т. 1, № 4. – С. 674–677.

21. Антифрикционная присадка: а.с. 1086009 СССР: МПК С 10 М 1/10, С 10 М 1/38 / Латышев В.Н., Усольцева Н.В., Годлевский В.А., Волков В.Ф., Коротков В.Б.; № 3495706/23-04; заявл. 01.10.82; опубл. 15.04.84, Бюл. №14.

22. Смазочная композиция: а.с. 925992 СССР: МПК С 10 М 1/10, 3/02 / Белов П.С., Комарова Н.Н., Петросянц А.А., Пичугин В.Ф., Хорошев Н.Е.; № 2993046/23-04; заявл. 15.10.80; опубл. 07.05.82, Бюл. №17.

23. Комплексы маслорастворимых галогенидов металлов и содержащие их смазочные композиции: патент 3256188 США: МПК С 10М 125/04. / Papayannopoulos Andreas G., Herbert Myers, №РСТ/US2005/027097; опубл. 14.06.1966.

24. Смазочная композиция: а. с. 825592 СССР: МПК С 10 М 1/10, С 10 М 1/22, С 10 М 1/32 / Сафонова Н.Е., Бабель В.Г., Байрамуков М.Д., Проскураков В.А., Романенко Г.Н., Суслов П.Г.; № 2763868/23-04; заявл. 28.03.79; опубл. 28.02.81, Бюл. №8.

25. Смазочная композиция: а.с. 808227 СССР: МПК С 10 М 1/10, С 10 М 1/22, С 10 М 1/30, С 10 М 5/02 / Сафонова Н.Е., Бабель В.Г., Романенко Г.Н., Борисов Д.Д., Проскуряков В.А., Суслов П.Г.; № 2717994/23-04; заявл. 25.01.79; опубл. 30.04.81, Бюл. №16.

26. Смазочная композиция: а. с. 1154316 СССР: МПК С 10 М 133/14 / Барчан Г.П., Чепаренко Г.Г., Коган В.А., Болотников В.С., Бурлак А.С., Пономаренко А.Г.; заявл. 20.12.83; опубл. 05.07.85, Бюл. №17.

27. Смазочная композиция для тяжело нагруженных узлов трения: патент 2258080 Россия: МПК С 10 М 5/10 / Сафонов В.В., Кирилин А.В., Добринский Э.К. и др.; опубл. 10.08.2005.

28. Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды / П.А. Ребиндер. – М.: Наука, 1979. – 381 с.

29. Способ получения сульфокатиона: а.с. 595336 СССР: МПК С 08F 212/14, С 08F 8/36 / Доронин В.В., Корельская Г.И., Макарова С.Б., Кафалов В.В., Дорохов И.Н., Витолс О.А.; № 2177249/23-05; заявл. 30.06.75; опубл. 28.02.78, Бюл. №8.

30. Смазочная композиция: а.с. 1171511 СССР: МПК С 10 М 125/18, 125/22, 141/02 // С10 N 10:02, 10:08, 30:06 / Комаров С.Н., Петросянц А.А., Пичугин В.Ф., Белов П.С., Комарова Н.Н., Волкова М.С., Григорьева Е.Н.; № 3645362/23-04; заявл. 22.07.83; опубл. 07.08.85, Бюл. №29.

31. Плакирующий концентрат: Заявка WO2005/071049 A1 Россия: МПК С10М141/02 //С23С 10/30, С10N 30:06 / Кузьмин В.Н., Погодаев Л.И.; № РСТ/RU2004/000400; заявл. 12.10.2004; опубл. 04.08.2005.

32. Металлоплакирующий смазочный состав: патент **2054030 Россия**: МПК С М 125/04 / Ильин А.П., Давыдович В.И., Каренгин А.Г., Пинкин В.Ф.; № 4827712/04; заявл. 22.05.90; опубл. 10.02.1996.

33. Ищук, Ю.Л. Состав, структура и свойства пластичных смазок / Ю.Л. Ищук. – Киев: Наукова думка, 1997. – 512 с.

34. Повышение износостойкости на основе избирательного переноса; под ред. Д.Н. Гаркунова. – М.: Машиностроение, 1977. – 215 с.

35. Гаркунов, Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность. – М.: МСХА, 2001. – 616 с.

36. Польцер, Г., Фирковский, А. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) и избирательный перенос // Долговечность трущихся деталей машин. – М.: Машиностроение, 1990. – Т. 5. – С. 85–122.

37. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др.; под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.

38. Polzer, G., Meißner, F. Grundlagen zu Reibung und Verschleiß. – Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1983. – 264 p.

39. Андреева, А.Г., Бурумкулов, Ф.Х. Финишная антифрикционная безабразивная обработка как средство повышения срока службы машин и оборудования // Долговечность трущихся деталей машин. – М.: Машиностроение, 1990. – Т. 4. – С. 34–59.

40. Лукашок, А.Н., Тихонов, П.В. Двухслойное нанокристаллическое покрытие для прецизионных пар трения скольжения; Перспективные материалы; Интерконтакт Наука: Москва, RU, 2007; С. 294 -298.