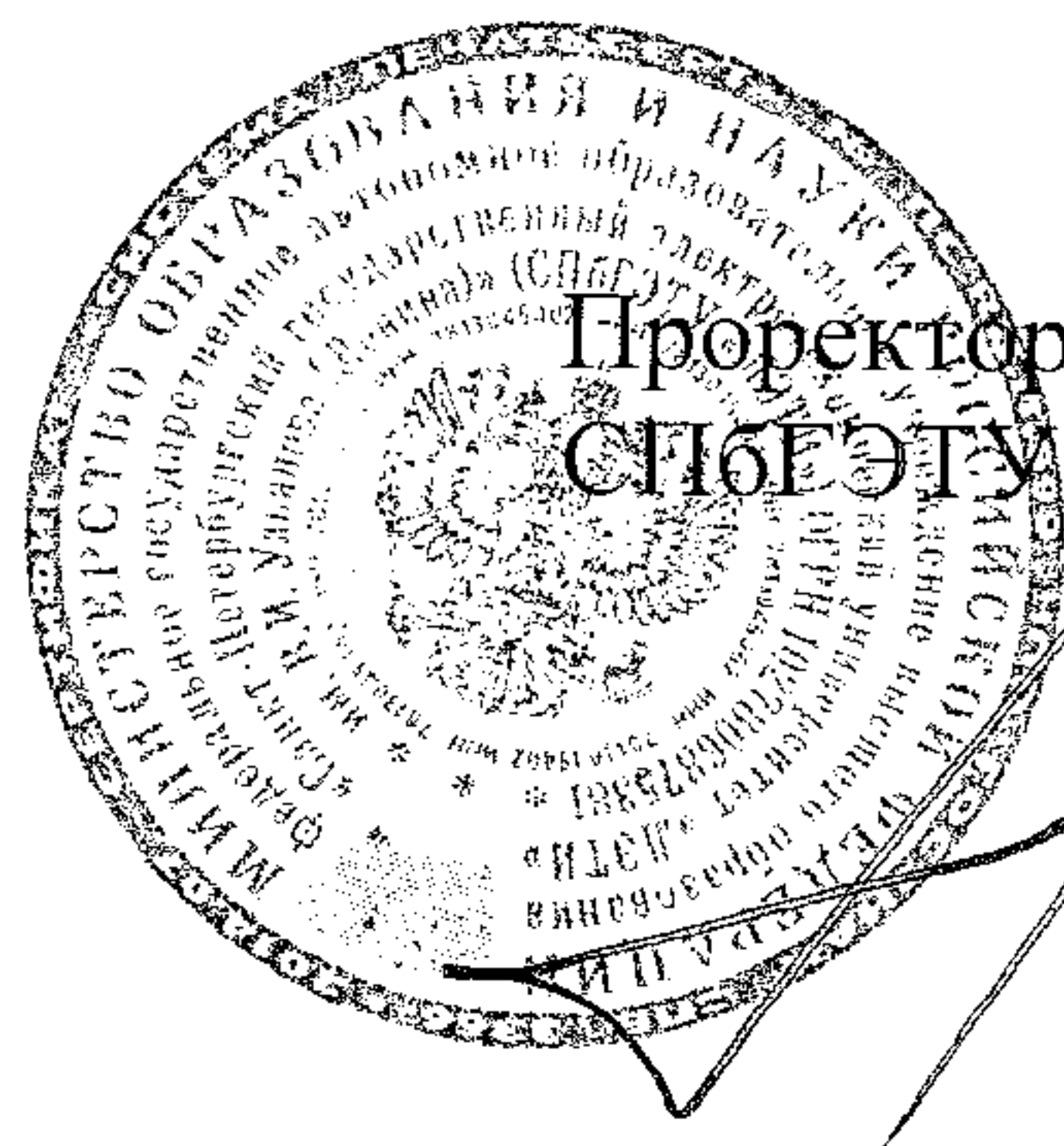


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

ул. Проф. Попова, д.5, Санкт-Петербург, 197376  
Телефон: (812) 346-44-87 Факс: (812) 346-27-58 E-mail: eltech@eltech.ru http:// www.eltech.ru  
ОКПО С2068539 ОГРН 1027806875381 ОКВЭД 80.3, 73.1 ОКТМО 40392000000  
ИНН/КПП 7813045402/781301001



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе  
СПбГЭТУ «ЛЭТИ» д.т.н., доцент

М.Ю. Шестопалов

"05" июня 2017г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)" на диссертацию Виноградовой Анны Александровны на тему "Метод контроля антифрикционных характеристик триботехнических материалов, содержащих низкоразмерные модификаторы присадок металла, с учетом нелинейных эффектов", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

**Актуальность темы**

Востребованность разработки методов диагностики различных композитных материалов, содержащих добавки дисперсных металлов, определяется значением и широким применением названных веществ в электронике, триботехнике, гетерогенном катализе и в других областях науки и техники. В частности, улучшение и контроль антифрикционных характеристик смазочных материалов при введении в их состав наноструктурированных трибоактивных компонентов остается важнейшей задачей современной триботехники. Поэтому разработка неразрушающих методов, позволяющих выполнять анализ, диагностику смазочных материалов и отбор эффективных присадок и их наномодификаторов, является актуальной и своевременной.

Работа А.А. Виноградовой выполнена по проекту №8635 государственного задания Минобрнауки России, а также в рамках госконтракта №14.577.21.0127 по Федеральной целевой программе "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы"

№ 190-11  
от 14.06.2017

### Научная новизна работы

Определяется тем, что выявлены закономерности связи нелинейных эффектов и высоких антифрикционных свойств трибосистем с жидкой смазкой на основе масла И-20, содержащей дисперсные металлические присадки с адсорбированными на поверхности четвертичными соединениями аммония (ЧСА). Предложен, теоретически и экспериментально обоснован метод ускоренного контроля антифрикционных характеристик жидкой смазки с дисперсными присадками модифицированных металлов, позволяющий отбирать наиболее эффективные присадки к смазке. Разработан программный комплекс в среде LabVIEW для реализации предложенного метода контроля смазки. В основу метода положено оригинальное математическое описание измеряемого трибологического параметра (интегрального показателя трения  $D$ , коэффициента трения  $f$ ) в виде комбинированной функции, зависящей от адсорбционно-химических характеристик присадки, с использованием функции Гаусса.

### Научные результаты

В диссертации Виноградовой А.А. разработан метод контроля антифрикционных свойств трибосистем, позволяющий в разы сократить время проведения измерений. Важно отметить, что задача решена для необычных систем, обладающих нелинейными характеристиками. Установлено, что лучшие антифрикционные свойства показывают трибосистемы с добавкой в индустриальное масло модифицированных меди и алюминия с наибольшим отношением  $N/L$  (нелинейной компоненты к линейной) в зависимости интегрального показателя трения ( $D$ ) от водоотталкивающих свойств (в.с.) и скорости окисления (с.о.) присадки-наполнителя к смазке. С использованием уравнений зависимостей  $D = F$  (в.с.) и  $D = \Phi$  (с.о.) реализованы методики отбора присадок к смазке на основе измеренных в лаборатории величин адсорбции воды на присадке и скорости окисления последней на воздухе.

Автором разработан и реализован "Программный комплекс для контроля антифрикционных характеристик трибосистем на машине трения", получивший свидетельство о государственной регистрации. Этот комплекс использован автором при осуществлении предложенного метода контроля антифрикционных характеристик смазки с присадками в диапазоне нагрузочных давлений 1,5 – 50,0 МПа. Метод реализует различные режимы трения и заключается в последовательном применении машины трения в виде подшипника скольжения с тензодатчиком, программным комплексом и акустико-эмиссионной диагностики.

### Практическая ценность работы

Заключается в том, что разработанные метод и программные средства ускоренного контроля антифрикционных характеристик жидкой смазки с дисперсными присадками поверхностно-модифицированных металлов используются при производстве смазок в ООО "МК Констракшн" (Москва) и рекомендованы к расширенному промышленному внедрению. Важно отметить, что разработанный метод и алгоритм неразрушающего контроля характеристик наноструктурированных смазочных составов может быть адаптирован в действующие системы диагностики смазок, поскольку использует сертифицированные приборы АРП-11 и тензодатчик, стандартные машины трения и другое оборудование.

### **Оценка содержания диссертации**

Диссертация состоит из Введения, четырех глав и 12 приложений, которые изложены на 108 страницах, содержит 19 рисунков и 8 таблиц, список использованной литературы из 96 наименований.

Диссертация и автореферат Виноградовой Анны Александровны написаны грамотным техническим языком, даны четкие формулировки научных положений, выбранная форма структурирования текста (4 главы, приложения и т.д.) вполне оправдана.

Методика проведенных исследований и интерпретация результатов возражений не вызывают.

Основные положения работы Виноградовой А.А. представлены и обсуждались на пяти научных конференциях международного и всероссийского уровня, опубликованы в 7 печатных изданиях, в том числе в 4 из списка ВАК РФ, получено свидетельство о регистрации программы на ЭВМ, представлен акт о внедрении результатов исследований с экономическим эффектом. Полученные в работе результаты, выводы и рекомендации достаточно обоснованы, имеют научную и практическую ценность. Автореферат и опубликованные работы соответствуют содержанию диссертации.

### **Замечания по работе**

По диссертации и автореферату имеются следующие вопросы/замечания.

1. Насколько учтен фактор дисперсности твердой присадки в математической модели (зависимости), связывающей интегральный показатель трения  $D$  и адсорбционно-химические характеристики присадки? Дело в том, что одной из причин усиления нелинейности обсуждаемой зависимости может быть увеличение дисперсности частиц (удельной поверхности) присадки.

2. Одной из основных проблем, связанных с метрологическим обеспечением нанотехнологий, является проблема тест-объекта. Кроме того, весьма сложно соблюсти важнейший принцип метрологии – обеспечить, чтобы погрешность измерительного инструмента была, по крайней мере, на порядок ниже измеряемой величины. Хотелось бы пояснений, как эти вопросы конкретно решаются в разработанном автором методе контроля трибосистем с наноструктурированными присадками.

### **Заключение по диссертации**

Научно-квалификационная работа Виноградовой Анны Александровны “Метод контроля антифрикционных характеристик триботехнических материалов, содержащих низкоразмерные модификаторы присадок металла, с учетом нелинейных эффектов” представляет собой законченную работу, которая решает важную научно-техническую задачу по контролю трибосистем со смазкой, содержащей низкоразмерные модификаторы трения на поверхности присадок металла. Это достигается на основе аппроксимации зависимости интегрального показателя трения или другого параметра трибосистемы от адсорбционно-химических свойств присадок в форме суперпозиции линейных и нелинейных функций, а также – путем использования разработанного программного комплекса. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы для диагностики и улучшения свойств промышленных смазок с металлическими присадками, а также

иных композитных систем в виде органической матрицы с распределенными по её объему дисперсными частицами с регулируемым межмолекулярным взаимодействием на границе раздела фаз.

Диссертация соответствует пунктам 9-14 “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, утвержденного Постановлением Правительства РФ (№ 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор, Виноградова Анна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры Микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования “Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ”ЛЭТИ” им. В.И. Ульянова (Ленина)” (СПбГЭТУ ”ЛЭТИ”), протокол № 5 от 24 мая 2017 года.

Заведующий кафедрой  
Микрорадиоэлектроники и технологии  
радиоаппаратуры федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования “Санкт-Петербургский  
государственный электротехнический  
университет ”ЛЭТИ” им. В.И. Ульянова  
(Ленина)” (СПбГЭТУ ”ЛЭТИ”),

д.т.н.

телефон: 8 (812) 234-16-97;

e-mail: [vatupik@yandex.ru](mailto:vatupik@yandex.ru)

Тупик Виктор Анатольевич

Профессор кафедры Микрорадиоэлектроники  
и технологии радиоаппаратуры федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования “Санкт-Петербургский  
государственный электротехнический  
университет ”ЛЭТИ” им. В.И. Ульянова  
(Ленина)” (СПбГЭТУ ”ЛЭТИ”),

д.т.н., профессор

телефон: 8-911-742-77-46;

e-mail: [v.margolin@mail.ru](mailto:v.margolin@mail.ru)

Марголин Владимир Игоревич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

19776, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, 5

<http://www.eltech.ru/>, [VA\\_Tupik@yandex.ru](mailto:VA_Tupik@yandex.ru)

