

Диссертационный совет 44.2.005.01  
на базе ФГБОУ ВО РГУПС  
344028, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского  
Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд.2

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Воропаева Александра Ивановича на тему: «**Исследование и разработка технологических принципов повышения функциональных характеристик трибосопряжений при использовании DLC-покрытий, стабилизированных азотом**», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 – Трение и износ в машинах

В современных машинах, механизмах, приборах важное значение имеет длительная, надежная, безопасная работа узлов трения. В исследованиях процессов трения и износа все большее значение приобретает разработка антифрикционных материалов, в том числе углеродных, а также технологий, обеспечивающих модифицирование поверхностных слоев поверхностей трибосопряжений с помощью вакуумных ионно-плазменных покрытий. Представляет научный и практический интерес вопросы стабилизации покрытий на основе углерода, легирования их металлами, диффузионной проницаемости нанокристаллических покрытий.

DLC (Diamond-Like Coating)-алмазоподобное углеродное покрытие, состоящее из атомов углерода с алмазными и графитоподобными связями, обладает некоторыми свойствами алмаза и применяется для предотвращения износа и снижения коэффициента трения в трибосопряжениях, является устойчивым к адгезионному износу.

Диссертационная работа Воропаева Александра Ивановича является актуальной, так как посвящена исследованию и разработке технологических принципов повышения функциональных характеристик трибосопряжений при использовании DLC-покрытий, стабилизированных азотом.

К наиболее значимым результатам работы относятся следующие положения, подтвержденные экспериментальными данными.

Научная новизна

– реализовано прогнозируемое управление процессом получения вакуумных ионно-плазменных покрытий;

– использование подачи азота в качестве технологического параметра при нанесении углеродных покрытий вместо взрывоопасного водорода обеспечивает структурную однородность покрытия, без образования нитридных фаз;



стабилизацию толщины DLC-покрытий; улучшение физико-механических и триботехнических характеристик покрытия;

– в первые получены, исследованы и оптимизированы для использования в нагруженных узлах трения комбинированные ионно-плазменные покрытия CrAlSiN +DLC.

– эффективное триботехническое применение таких покрытий обусловлено повышением износостойкости за счет за счет нитридного слоя и повышением антифрикционных характеристик за счет углеродного слоя.

Практическая значимость работы:

–углеродные DLC-покрытия с подслоем титана на стальной подложке рекомендованы для снижения коэффициента трения на контактной поверхности слабо- и средненагруженных трибосопряжений, для удельных нагрузок рекомендованы комбинированные покрытия CrAlSiN +DLC с подслоем хрома;

– предложена техническая и нормативная документация по применению технологических принципов использования вакуумных ионно-плазменных углеродных покрытий на основе DLC, стабилизированных азотом, для повышения износостойкости и надежности механизма управления стабилизатором вертолета МИ-35.

Замечание по автореферату

В качестве материала образцов подложки для нанесения покрытий диссертантом выбрана конструкционная легированная сталь 40ХН2МА, содержащая хром, никель, молибден и другие элементы. Легирующие элементы хром и никель образуют на поверхности стали комплексную пассивирующую оксидную пленку, снижающую адгезию покрытий, наносимых ионно-плазменным напылением.

Для повышения адгезии покрытия и улучшения триботехнических свойств диссертантом предложено наносить на поверхность выбранной легированной стали подслоем титана с покрытием DLC и хрома с комбинированным покрытием CrAlSiN+DLC. В автореферате следовало бы привести методику определения адгезии, а также величину адгезии предлагаемых покрытий с подслоем титана и хрома к подложке.

Основные результаты исследований автора опубликованы в 6 статьях в журналах из Перечня ВАК Минобрнауки России, в 5 статьях в международных базах цитирования Web of Science и Scopus, также 1 патенте РФ.

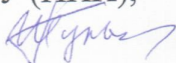
Диссертация Воропаева Александра Ивановича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические, технологические решения и разработки при исследовании технологических принципов повышения функциональных



характеристик трибосопряжений с использованием DLC -покрытий, стабилизированных азотом, внедрение которых имеет существенное значение для повышения антифрикционных свойств и износостойкости трибосопряжений механизмов различных машин в авиационной промышленности, автомобилестроении, сельхозмашиностроении, на железнодорожном транспорте и других машиностроительных областей страны.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, Положением о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., в том числе п. 9, 10, 13, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 – Трение и износ в машинах.

Даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ЮРГПУ (НПИ),  
доктор технических наук, профессор  Шульга Геннадий Иванович

Шифр и научные специальности, по которым защищена докторская диссертация: 05.02.04 – Трение и износ в машинах, 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение).


Полное наименование организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова».

Почтовый адрес организации: 346428, Ростовская обл.,

г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

Телефоны: 8(8635) 25-52-25; 8(8635) 25-52-74

E-mail: avtottk\_npi@mail.ru

Подпись Шульги Г.И.  заверяю  
Учёный секретарь Совета вуза




Н.Н. Холодкова