

ОТЗЫВ

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

В современных условиях постоянного совершенствования особо сложных изделий машиностроения, сопровождающимся возрастанием их сложности и, соответственно стоимости, одним из важнейших требований становится снижение эксплуатационных затрат при повышении долговечности. Его удовлетворение, наряду с другими факторами, определяется износостойкостью и функциональными характеристиками реализованных узлов трения. В этой связи диссертационная работа А.И. Воропаева, направленная на повышение характеристик трибосопряжений за счет нанесения алмазоподобных DLC-покрытий в парах трения, является актуальной и практически важной.

Проведя рассмотрение известных материалов российских и зарубежных исследований по типам углеродных покрытий применительно к использованию в тяжело нагруженных трибосистемах, А.И. Воропаев сделал верный вывод, о целесообразности применения алмазоподобных DLC-покрытий, а также необходимости проведения специальных углубленных исследований, направленных на оптимизации структуры покрытий, а также оптимизацию существенных технологических параметров их нанесения. Представляется технически рациональным сделанный А.И. Воропаевым выбор в качестве материала подложки при проведении исследований высоколегированной конструкционной стали типа 40XH2MA, широко используемой при изготовлении тяжело нагруженных деталей (шестерни, муфты, диски, валы и др.) в узлах трения различных механизмов.

Несомненной научной и практической новизной отличается предложение об использовании в качестве критерия для оценки покрытия при его оптимизации характеристику сопротивления пластической деформации. Другим практически важным стало решение о стабилизации наносимых покрытий нейтральным азотом вместо водорода, исключающее высокую пожароопасность процесса.

Выполненную работу отличает чрезвычайно большой объем экспериментальных исследований на современном уникальном комплексе экспериментального оборудования, как для нанесения покрытий, так и для их последующих исследований их характеристик. С учетом значительного объема и трудоемкости выполненных экспериментальных работ представляет практический и методический интерес, использованный А.И. Воропаевым современный подход к их планированию и последующей обработке результатов, сочетающий статистические методы, регрессионный анализ, нейросетевые технологии. Завершенность работе придает формирование базы данных DLC-покрытий,

определяющее их структуру, физико-механические и трибологические характеристики, технологические параметры нанесения.

Практическую значимость диссертационной работы подчеркивает апробация ее результатов при нанесении DLC-покрытия на подверженные истиранию детали особо ответственного механизма управления стабилизатором вертолета Ми-35, стендовые испытания которого показали существенное повышение износостойкости.

На основании рассмотрения автореферата можно сделать вывод о том, что в диссертационной работе получено завершённое решение актуальной научно-технической задачи, имеющей важное народно-хозяйственное значение. Диссертационная работа «Исследование и разработка технологических принципов повышения функциональных характеристик трибосопряжений при использовании DLC-покрытий, стабилизированных азотом» соответствует как квалификационная «Положению о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, ред. от 11.09.2021 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Воропаев Александр Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 – «Трение и износ в машинах».

Даю согласие на обработку моих персональных данных и отражение их в аттестационных документах диссертанта в объеме: фамилия, имя, отчество, место работы, должность, ученое звание, номер телефона, адрес электронной почты.

Начальник НТЦ научно-производственного центра ФАУ «ЦАГИ», профессор МФТИ, Заслуженный машиностроитель РФ, д. т. н.



В.Д. Вермель
(Владимир Дмитриевич
Вермель)

140180, Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, д.1
тел. (495) 556-43-62, факс (495)777-63-29, email: vermel@tsagi.ru

Подпись начальника НТЦ НПЦ, профессора МФТИ, доктора технических наук Вермеля Владимира Дмитриевича, заверяю.

Первый заместитель генерального директора ФАУ «ЦАГИ», доктор физико-математических наук профессор



А.Л. Медведский