

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Зайцева Андрея Николаевича
«ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЕННЫХ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАДИАЦИОННОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.02.04 – Трение и износ в машинах

Диссертационная работа Зайцева А.Н. посвящена повышению надежности и долговечности плазменных электроизоляционных покрытий (ЭИП) в узлах сухого трения термоядерных реакторов. Одновременное действие механических нагрузок (на сжатие и сдвиг), циклически изменяющихся температур в интервале 20-400°C, глубокого вакуума, нейтронного и γ -излучений приводят к преждевременному выходу из строя узлов трения с ЭИП по причине частичного или полного их разрушения (растрескивание, выкрашивание, отслаивание). Известно, что работоспособность покрытий в значительной степени определяется их конструкцией, физико-механическими и трибологическими свойствами. По состоянию на 2017 г. накопленный мировой опыт эксплуатации ЭИП в условиях радиационного облучения не формирует законченную методологию в данной области исследования. В связи с этим поставленная автором цель повышения долговечности ЭИП в указанных экстремальных условиях эксплуатации является весьма **актуальной**. И, судя по автореферату, сформулированные в диссертационной работе задачи для достижения цели успешно решены.

Научную значимость имеют результаты исследований, посвященных:

- установлению механизма и разработке адекватных математических моделей изнашивания ЭИП в паре со сплавами (сталь 03Х16Н15М3, алюминиевая бронза БрАЖ-НМц9-4-4-1) в условиях радиационного воздействия и повышенных температур;
- разработке теоретических основ проектирования ЭИП узлов сухого трения термоядерных реакторов и выработке критерия оценки их надежной работоспособности.

Практическая значимость работы не вызывает сомнений. Особый интерес представляет разработанная автором методика расчета критического уровня сдвиговых напряжений в парах трения «ЭИП – сплав» применительно к узлам термоядерной техники. Ее использование позволяет обоснованно конструировать ЭИП с повышенными трибологическими свойствами. Результаты проведенных трибологических испытаний различных плазменных покрытий в паре с указанными сплавами при различных температурах расширяют границы знаний в предметной области и могут быть использованы не только для обеспечения работ по созданию Международного экспериментального термоядерного реактора ITER, но и в рамках других проектов, требующих решения схожих проблем.

В качестве **замечаний** следует обратить внимание на следующее:

1. Для снижения коэффициента трения в паре «ЭИП – сплав» в главе 5 предложено использовать промежуточную пластину из ниобиевых сплавов типа ВН-2, ВН-3, дополнительно подвергнутых ионному карбонитрированию. При этом отмечается повышение коэф-

фициента трения в паре «ЭИП – модифицированный Nb» при температуре 250°C, что объясняется деструкцией карбидов и боридов на воздухе (стр. 19). Последний вывод вызывает сомнение, поскольку, как известно, окисление карбидных и боридных соединений начинается при более высоких температурах. Поэтому требуется более детальное изучение механизма изнашивания в трибопаре «ЭИП – модифицированный Nb».

2. Одним из предложенных в диссертации способов снижения коэффициента трения в паре «ЭИП – сплав» является использование дополнительного антифрикционного слоя с наполнителем из MoS₂ (твердая смазка). Однако, как известно, покрытия на основе дисульфида молибдена способны сохранять свойства твердосмазочного материала лишь до температур ~ 250°C. Тогда становится не понятным, каким образом обеспечивается выполнение требования работоспособности узла трения вплоть до 400°C?

Отмеченные недостатки не снижают общего положительного впечатления от работы.

Автореферат диссертации написан грамотным техническим языком, достаточно проиллюстрирован графическим материалом. Результаты исследований многократно докладывались и обсуждались на отечественных и международных конференциях, семинарах, советах и совещаниях, а также были опубликованы в 6 научно-технических журналах из перечня ВАК. По актуальности, научной новизне и практической ценности диссертационная работа заслуживает высокой оценки, соответствует требованиям положения о присуждении ученых степеней ВАК и заявленной специальности, а ее автор Зайцев Андрей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах».

Начальник цеха изготовления РТИ,

пластмассовых изделий

и специальных покрытий

АО «Московский машиностроительный завод «АВАНГАРД»

(АО «ММЗ «АВАНГАРД»),

к.т.н., Фурашов Алексей Сергеевич

Почтовый адрес: 125130, г. Москва, ул. Клары Цеткин, д.33

Телефон: (495) 450-97-55

Факс: (495) 450-11-47

Адрес электронной почты: avangardmos@mail.ru

Сайт: <http://mmzavangard.ru/>

Подпись Фурашова Алексея Сергеевича заверю.

Генеральный директор АО «ММЗ «АВАНГАРД»

Мухаметов Ахмет Абдул-Хакович



« » апреля 2017 г.