

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ляховецкого Максима Александровича «Исследование износо- и фреттингостойкости оксидов алюминия и циркония, сформированных методом микродугового оксидирования для защиты элементов двигателей и энергоустановок», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

В настоящее время для повышения ресурса и надежности элементов энергоустановок (ЭУ), работающих в экстремальных условиях, активно исследуются различные способы модификации их поверхностного слоя, а также формирования защитных покрытий. Это связано, в первую очередь, с тенденцией увеличения энергоэффективности ЭУ, т.е. повышения их КПД, с рациональным расходом топлива, тепла и т.д.

Для тепловых машин увеличение КПД тесно связано с повышением температуры рабочего тела, что, в свою очередь, приводит к повышенной теплонапряженности деталей ЭУ, активным процессам коррозии, износа и др., что в целом снижает срок эксплуатации ЭУ, а, в крайнем случае, делает невозможным их безопасную эксплуатацию. Поэтому работа Ляховецкого М.А. «Исследование изнашивания оксидов алюминия и циркония, сформированных методом микродугового оксидирования для защиты элементов двигателей и энергоустановок» является крайне актуальной.

Новизна данной работы заключается, во-первых, в достаточно новом подходе, предложенном автором, к задаче исследования изнашивания керамических композиционных покрытий, полученных методом МДО, с использованием энергетического описания процесса трения при возвратно-поступательном скольжении, включая и процесс фреттинга. Надо отметить, что процессы фреттинга характерны не только для двигателей и энергоустановок летательных аппаратов, но и для наземных ЭУ, например, процесс разрушения от фреттинг-коррозии характерен для тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ) водо-водяных энергетических реакторов. С помощью этого подхода автору удалось найти предельные нагрузки, действующие на МДО покрытие, в исследуемом диапазоне нормальных сил в контакте и перемещений, а также зависимость позволяющую оценивать ресурс покрытия в области его равномерного износа. Полученные результаты также можно рекомендовать для оценки ресурса и надежности элементов, подверженных вибрационному изнашиванию, ЭУ других схем и компоновок.

Во-вторых, автором проведены исследования возможности формирования МДО покрытий на циркониевом сплаве Э110 в различных электролитах и испытания этих покрытий на изнашивание и коррозионную стойкость, которые показали хорошие защитные ха-

рактеристики МДО покрытий. По имеющейся у рецензента информации эти данные получены автором впервые, т.к. применение метода МДО для защиты циркониевых сплавов практически не развито.

Достоверность полученных результатов в работе подтверждается большим объемом экспериментов, проведенных автором, а также применением методов математического планирования экспериментов, позволяющих проводить статистическую обработку результатов и определять оптимальные значения технологических параметров МДО обработки.

Из замечаний на автореферат необходимо отметить, что автором приводится выражение энергетического коэффициента объемного износа ( $\alpha$ , мм<sup>3</sup>/Дж), позволяющее оценивать ресурс покрытия, но не дан хотя бы приблизительный его расчет. Кроме того, в тексте автореферата найдены немногочисленные описки.

Указанные недостатки не снижают общей научной ценности диссертации, которая представляет собой законченную научно-исследовательскую работу и отвечает требования ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Ляховецкий Максим Александрович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

К.ф.-м.н., главный специалист  
Института промышленных ядерных технологий  
НИЯУ МИФИ,  
115409, г. Москва, Каширское шоссе, д.31  
e-mail: SV\_Ivanova@mail.ru  
тел.: 8-916-570-92-93

Иванова С.В.

Подпись главного специалиста Ивановой С.В. заверяю:

Директор  
ИПЯТ НИЯУ МИФИ



Глаговский Э.М.