

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Хопина Петра Николаевича «Комплексная оценка триботехнических показателей сопряжений с твёрдосмазочными покрытиями», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.04 - Трение и износ в машинах

Работа Хопина П.Н. посвящена разработке методов комплексной оценки триботехнических показателей сопряжений с твердосмазочными покрытиями (ТСП) различного состава с учётом влияния эксплуатационных факторов применительно к различным условиям функционирования и является актуальной по причине увеличивающегося ресурса функционирования указанных сопряжений, особенно для узлов, эксплуатируемых в условиях космоса, что требует разработки соответствующих методов прогнозирования триботехнических показателей таких сопряжений.

В диссертационной работе, представленной авторефератом, особого внимания заслуживают ряд задач, решенных автором. Экспериментально выявлен один из важнейших факторов, температурный, определяющий интенсивность изнашивания и антифрикционные характеристики рассматриваемых сопряжений. Предложены и реализованы методики для оценки важнейших триботехнических показателей сопряжений с ТСП для произвольного сочетаний нагрузочно-скоростных режимов работы и различных составов покрытий.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в: установлении закономерностей влияния нагрузочно – скоростных режимов трения на эксплуатационную температуру, а также в выявлении регрессионных зависимостей интенсивности изнашивания от температуры ТСП различных составов применительно к нормальным атмосферным условиям и условиям вакуума; разработанном и практически реализованном методе определения предельных и оптимальных нагрузочно – скоростных режимов трения ТСП, позволяющем получать на основании математической модели зависимости для оценки предельных и оптимальных режимов трения; выявленных закономерностях влияния эксплуатационной температуры на коэффициент трения для нормальных атмосферных условий и условий вакуума; предложенном методе комплексной оценки триботехнических показателей пар трения на основании разработки математических моделей, описывающих влияние эксплуатационно-технологических факторов на триботехнические показатели сопряжений с ТСП.

Практическое значение диссертационной работы Хопина П.Н. подтверждается использованием ее результатов на промышленных предприятиях, о чем свидетельствуют акты внедрения.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. В автореферате не указано, для какой степени разряжения получены регрессионные зависимости для условий вакуума.
2. В уравнениях (12) и (13) для оценки ресурса и коэффициента трения трибосопряжений с ТСП, функционирующих при повышенной температуре, не описана схема испытаний и место установки термопары для оценки объёмной температуры нагрева.
3. В автореферате не указано, как определялась толщина покрытий и насколько они однородны по толщине.
4. Можно предположить, что степенные зависимости ресурса от температуры (5) и (8) получены для разных условий, но из текста реферата этого не следует.
5. В качестве входного параметра в первой части автореферата используется нагрузка, целесообразнее было бы везде использовать давление.
6. Не ясно, почему в соотношении (2) постулируется линейный износ.
7. Температура поверхности трения ( $T_{тр}$ ) используется в работе то как параметр оптимизации (ур. 3,9, 14, 20, табл. 2 и др.), то как эксплуатационный фактор (ур. 4-8, 10, табл. 1 и др.). Это разные ипостаси этого критерия. Во втором случае в соответствии с общепринятыми требованиями (см. Ю. Я. Евдокимов и др. «Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа», «Наука», Москва, 1980) он должен быть однозначным, управляемым и независимым от других факторов, что невозможно обеспечить, коль скоро  $T_{тр}$  сама является функцией режимных факторов, в частности  $P$  и  $V$ .
8. Как следует из уравнения (7), экспериментально полученная зависимость  $I_n=f(T_{тр})$  практически линейна, а математически адекватная её расчётная альтернативная зависимость  $\tau=f(T_{тр})$  (ур. 8) оказывается степенной. Как это можно объяснить?
9. В автореферате не отражены средства и методы контроля кинетики изнашивания ТСП ВНИИ НП-212. Тем не менее, вывод о том, что «...вне зависимости от исходной толщины ТСП основная часть изношенного слоя (75-80%) приходится на период приработки и лишь 20...25% - на установившейся режим трения» согласуется с результатами ранее выполненного аналогичного исследования износостойкости этого же покрытия (см. автореферат дисс. к.т.н. «Исследования физико-механических свойств твердосмазочных дисульфидмолибденовых покрытий с целью прогнозирования их триботехнических характеристик» Калинин, 1990) практически с тем же итоговым выводом: «Установлено, что за период приработки исходный слой ТСП изнашивается на 70...80%, а оставшийся слой обеспечивает 80...90% всего ресурса его работоспособности».
10. В этой же работе экспериментально показано, что «...вследствие фрикционного переноса материала покрытия на рабочую поверхность контртела за период приработки на ней формируется равновесная

шероховатость порядка 9-го класса независимо от качества исходной поверхности контртела».

По этой причине использование автором параметра  $R_z$  (ур.1) как фактора спланированного эксперимента представляется нецелесообразным, тем более, что, согласно ГОСТ 2789-73 и 2.309-73 в пределах самых ходовых (6-12 кл.) в технологии металлообработки классов шероховатости он вообще не регламентируется.

Указанные замечания не снижают значимости основных результатов работы. Диссертация Хопина ПН. соответствует специальности 05.02.04 -«Трение и износ в машинах» и отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Хопин П.Н. заслуживает присуждение ему искомой ученой степени.

Доктор физико-математических наук,  
профессор РАН,  
ведущий научный сотрудник лаборатории трибологии  
Института проблем механики  
им. А.Ю. Ишлинского  
Российской академии наук  
Торская Елена Владимировна  
[torskaya@mail.ru](mailto:torskaya@mail.ru), Москва, просп. Вернадского, 101, 1, тел. +74954342090

Кандидат технических наук,  
научный сотрудник лаборатории трибологии  
Института проблем механики  
им. А.Ю. Ишлинского  
Российской академии наук  
Сачек Борис Ярославович  
[bsachek@mail.ru](mailto:bsachek@mail.ru), Москва, просп. Вернадского, 101, 1, тел. +74954341589

*Сачек Б.Я.*  
*Торская Е.В.*  
ПОДПИСЬ \_\_\_\_\_ ЗАВЕРЯЮ:  
Зав. Канцелярией \_\_\_\_\_ И.А. Сафронова  
2007 г.