

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Кравченко Игоря Николаевича на диссертационную работу Сидорова Михаила Игоревича на тему «Повышение живучести артиллерийских систем на основе моделирования и управления трибохимическими процессами изнашивания», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах»

Актуальность темы диссертации.

Исследование механических, термодинамических и химических процессов в системе «пороховой заряд — снаряд — ствол», определяющих интенсивность изнашивания канала ствола, является наиболее важным аспектом решения задач повышения живучести и внутренней баллистики артиллерийских систем. В свою очередь состояние ствола определяет прогнозируемость траектории снаряда, кучность, надежность поражения в заданной области пространства и другие основные функциональные характеристики этих систем.

Значительные объемы финансовых, материальных и других ресурсов тратятся на проектную проработку, отработку технологии изготовления стволов, различные виды их испытаний и сопровождение жизненного цикла.

При современных темпах развития науки и технологий все значимее становится сокращение временных затрат от начала проектирования техники до поставки ее на вооружение, возможность глубокой ее модернизации и адаптации под новые средства поражения. Поэтому создание научно-методического аппарата, направленного на повышение информативности испытаний и ускорение процессов постановки на производство, имеет большую практическую значимость и актуальность.

Целью представленной на оппонирование работы являлось теоретическое обоснование и практическая апробация методологии повышения живучести артиллерийских систем, основанной на исследовании закономерностей изнашивания материалов, работающих в высоких потоках энергии.

Решение поставленных в работе задач базируется на разработанных автором моделях трибохимической кинетики внешнего трения, механохимической кинетики накопления повреждений и разрушения материала в форме неравновесных фазовых переходов, что позволило повысить информационную обеспеченность полигонных испытаний артиллерийских систем различного назначения.

Основное содержание диссертация изложено на 321 странице и состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы, а также 5 приложений на 147 страницах. Все материалы диссертации хорошо проиллюстрированы рисунками и табличной информацией.

Необходимость разработки теоретических основ, используемых для расчета износа и живучести стволов, обоснована тем, что ранее используемые формулы являлись преимущественно эмпирическими, основанными только на обработке экспериментальных результатов испытаний, требующих больших материальных и временных затрат.

Характеристика современных методов испытаний артиллерийских стволов на износ и живучесть приведена автором в первой главе.

Здесь рассмотрены трибологические приемы снижения износа, подходы к моделированию структуры конструкционных материалов на разных иерархических уровнях, технологические аспекты повышения живучести артиллерийских стволов. Особое внимание уделено экспериментальному методу контрастирования фотоснимков поверхности канала ствола, позволяющему осуществлять компьютерное сопоставление и распознавание образов контрастированных фотоснимков и теоретического графического представления формирования структуры материала.

В итоге автором сформулирована научная проблема и поставлены задачи исследований, предполагающие для корректировки задач внутренней баллистики разработку:

- математических моделей внешнего трения;

– в качестве основы прогностических методов оценки износа и живучести стволов – кинетических моделей накопления повреждений в материалах;

– моделей разрушения и теоретического описания процесса разрушения в виде неравновесного фазового перехода.

Одной из важных составляющих внутрибаллистических задач является определение характера трения при движении снаряда по стволу, однако, в настоящее время проектирование артиллерийских систем не подкреплено экспериментальным заданием, в связи с чем в работе решались задачи разработки математических моделей трибохимической кинетики и их проверки путем сопоставления с данными численных и натуральных экспериментов.

Модель топохимической кинетики адгезионного схватывания двух трущихся поверхностей (снаряд-ствол), предложенная автором, описывает процессы образования зародышей в зоне пятен контакта и рост ядер схватывания. В модели рассматриваются два процесса с учетом скорости перемещения и скорости топохимической реакции, или времени перемещения двух контактирующих поверхностей друг относительно друга и времени завершения топохимической реакции (степени покрытия поверхности ядрами схватывания).

Представлены результаты изучения и моделирования процесса фрикционных автоколебаний с учетом температуры в зоне контакта поверхностей.

Результаты апробации модели топохимической кинетики подтвердили ее работоспособность. Числовые решения этого класса задач подкреплены физико-химической трактовкой процессов адгезионного взаимодействия.

Математические модели механохимической кинетики накопления повреждений в конструкционных материалах, приводящих к износу и разрушению под нагрузкой в сложных термических и коррозионных условиях рассмотрены в третьей главе работы.

Основываясь на эргодической гипотезе, автор предложил построение математических моделей, которое предполагает восстановление хода процесса накопления повреждений (вплоть до реконструкции механизмов с некоторой степенью детальности) по статистике отказов (разрушения образцов).

Прямая задача заключалась в построении гипотетической кинетики накопления повреждений, а обратная – в подборе кинетических констант модели по экспериментальным данным статистики разрушения образцов. Сравнение нескольких вариантов приемлемой аппроксимации экспериментального распределения дает возможность предложить сценарий развития разрушения.

Результаты решения задачи кинетики линейных перекрывающихся цепей ассоциированных дефектов позволили построить статистические распределения накопления повреждений, и показать, что, ввиду возможности различных сценариев развития процесса разрушения, одни и те же экспериментальные функции распределения отказов могут аппроксимироваться разными уравнениями математической модели кинетики накопления повреждений с различными значениями кинетических параметров.

Результаты проверки моделей кинетики накопления повреждений в материале образцов при различных режимах нагружения, описываемых статистическими распределениями, путем их сопоставления с опытными данными, показали о существовании возможности оценки вклада отдельных механохимических процессов в общий процесс накопления повреждений в форме развития системы перекрывающихся микротрещин различной размерности.

Математические модели динамики разрушения конструкционного материала в форме неравновесного фазового перехода, проходящего на начальных стадиях в режиме спинодального распада, представлены в четвертой главе.

Экспериментальная часть научно-методического аппарата показана в иллюстративной форме – срезом-шлифов артиллерийского ствола.

В предложенной математической модели автором учтено, что помимо химического и структурно-фазового воздействия, пороховые газы оказывают механическое и термическое воздействие на поверхностный слой канала ствола. Результат этого совместного воздействия представлен в рамках термодинамического подхода с предположением, что разрушение поверхностного слоя канала может трактоваться как неравновесный фазовый переход, а его начальный момент – как спинодальный распад (т.е. начальная стадия фазового перехода в системе, находящейся вне области термодинамически устойчивых состояний, что происходит в случае достаточно быстрого фазового перехода).

Результаты численного анализа начальной стадии разрушения конструкционного материала для одномерного случая показали, что характер развития процесса разрушения, предваряемый зарождением из-за неустойчивости и последующим накоплением повреждений в материале, в одномерном случае аналогичен процессу спинодального расслоения на фазы, наблюдаемому при высокоградиентной кристаллизации. Данная аналогия позволяет заключить, что подобными будут двумерные и трехмерные «расчетные» структуры, т.к. структуры математических моделей, описывающих эти критические явления как неравновесные фазовые переходы, идентичны.

Экспериментальный материал, дополняющий теоретические исследования, приведен в виде структур, формирующихся при накоплении повреждений в ходе настрела в материале канала артиллерийского ствола. Этот материал представляет собой первичную информацию процедуры компьютерного сопоставления с расчетными данными.

Раздел «Общие выводы» подводит итоги выполненной работы, в результате которой созданы научные основы обеспечения живучести артиллерийских систем на основе решения комплексных задач повышения износостойкости материалов с использованием разработанных моделей

механохимической кинетики накопления повреждений и изнашивания; моделей трибохимической кинетики внешнего трения; моделей теории неравновесных фазовых переходов для оценки энергетического состояния материала ствола и параметров его работоспособности.

Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации, качество оформления автореферата.

Содержание автореферата соответствует основным положениям, выводам и рекомендациям диссертации, включает общую характеристику и освещает основные результаты, выносимые на защиту. Автореферат изложен в объеме, достаточном для понимания проведенных исследований, и оформлен в соответствии с предъявленными требованиями.

Анализ качества оформления диссертации.

Представленный в диссертации материал логично структурирован, изложен технически грамотно и ясно, оформлен в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к докторским диссертациям.

Замечания и рекомендации по изложению диссертации.

1. В диссертационной работе не представлены схемы силового воздействия пары ствол-снаряд.

2. Требуется пояснения, чем подтверждается математическая модель динамики накопления повреждений в конструкционных материалах, и как она коррелируется с данными на изгиб со знакопеременной нагрузкой и растягивающей нагрузкой при температуре.

3. Следует дать пояснения, в чем заключаются отличия воздействия «диффузионноподвижного» водорода на артиллерийские системы, выполненные из различных сталей и по разной технологии производства?

4. Уравнение (3.18) представляет собой вероятность отсутствия (не появления) аккумулярованных дефектов в рассматриваемой системе, а не функцию ее надежности.

5. В работе не приведены данные по количественному составу каждого из компонентов антифрикционных покрытий, получаемых финишной антифрикционной безабразивной обработкой (ФАБО).

6. В работе имеются стилистические ошибки и повторы. Так, на стр. 32, 34, 40 отсутствуют пояснения по величинам в формулах (1.3), (1.4), (1.5) и т.д.; на стр. 35 и 51 в формулах (1.10), (1.11) величины представлены в разных системах.

7. В тексте диссертации на стр. 7 поставлено 7 задач, а в автореферате (стр. 4) – 8. Решением этих задач явились 19 выводов (стр. 285-288), что на мой взгляд не конкретизирует полученные результаты. Кроме того, в выводах диссертации отсутствуют количественные показатели оценки результатов решаемых задач.

Однако, указанные замечания в основном носят уточняющий характер и не снижают значимости выполненной работы.

Работа прошла достаточно большую научную апробацию, а ее результаты докладывались и обсуждались на многих международных научно-практических конференциях.

Большая часть научно-технических разработок, представленных в материалах диссертации, внедрена и используется в условиях ФКП «НИИ Геодезия» и на ряде других предприятиях ОПК, а часть из них отмечена премией правительства Российской Федерации.

Результаты внедрения и полигонных испытаний технологий повышения износостойкости материалов стволов, основанные на выполненных научно-технических разработках, показали повышение живучести и остаточного ресурса стволов до 2,5 раз.

Существенный вклад внедрения результатов работы в обороноспособность страны, ее научная и практическая значимость неоспоримы.

Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения о присуждении ученых степеней.

1. По структуре, содержанию и объему проведенных исследований, их актуальности, научной новизне и практической значимости диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу. Диссертация написана единолично, содержит совокупность новых научных

результатов и положений, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в решение научной проблемы по повышению живучести артиллерийских систем. Предложенные автором новые решения строго аргументированы и критически оценены.

2. Автором, на основании выполненных исследований, разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Диссертационная работа соответствует требованиям пп. 8, 9, 10, 11 Положения о присуждении ученых степеней и паспорту специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах», а ее автор Сидоров Михаил Игоревич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

профессор кафедры «Технический сервис машин и оборудования»
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева),
доктор технических наук, профессор

Кравченко Игорь Николаевич

« 06 » _____ 2018 г.

Должность, ученую степень, ученое звание и подпись

Кравченко Игоря Николаевича удостоверяю:

Начальник управления кадров и документационного обеспечения
Терехова Екатерина Владимировна

Адрес: 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Тел.: + 7 (499) 977-24-10, e-mail: Kravchenko-in71@yandex.ru

ПОДПИСЬ
НАЧАЛЬНИК
Е. В. ТЕРЕХОВА

ОТ ПОДПИСАТЕЛЯ

