

В Диссертационный совет
Д. 999.112.02 при ФГБУН
Институт машиноведения им.
А.А. Благонравова РАН и
ФГБОУ ВО Брянский ГТУ

Россия, 119334, Москва, ул.
Бардина, д.4

Отзыв

Официального оппонента Дементьева Вячеслава Борисовича на диссертационную работу Сидорова Михаила Игоревича **«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».

Исследования выполненные в рамках настоящей диссертационной работы связаны с вопросами увеличения живучести ствола огнестрельного оружия. Живучесть ствола зависит от интенсивности износа его канала, то есть от интенсивности протекающих в системе «пороховой заряд — снаряд — ствол» механических, термодинамических и химических взаимодействий. Данное направление является чрезвычайно важным и актуальным для обеспечения обороноспособности, т.к. от этого на прямую зависит срок служебной пригодности различных систем вооружения.

Научная новизна работы заключается в создании научных основ обеспечения живучести артиллерийских систем на основе решения сопряженных задач повышения износостойкости материалов с использованием разработанных моделей: механохимической кинетики накопления повреждений и изнашивания, трибохимической кинетики

внешнего трения и теории неравновесных фазовых переходов для оценки энергетического состояния материала ствола и параметров его работоспособности.

Целью работы является создание научно-технического задела с теоретическим обоснованием и практической апробацией методологии решения задач внутренней баллистики артиллерийских систем, основанной на повышении износостойкости материалов, работающих в высоких потоках энергии. Указанная цель достигается автором за счёт решения комплекса задач.

В работе проанализирована физическая модель разрушения поверхностного слоя канала ствола и показано, что в энергетическом отношении этот слой подвержен механическим и тепловым нагрузкам, характеризуемыми высокими значениями энергии и интенсивности воздействия с резкой сменой полярности за один выстрел (смена напряжений растяжения и сжатия, реализующихся в узком поверхностном слое). Проведена апробация методов трибохимической кинетики для построения кинетической характеристики внешнего трения применительно к артиллерийским системам. Разработанные автором модели трибохимической кинетики, описывающие зависимости коэффициента трения от скорости скольжения, фиксируемые в эксперименте, позволяют использовать эти характеристики трения для математического моделирования процессов.

Исследованы методы механохимической кинетики для построения кривых распределения накопления повреждений в конструкционных материалах при испытаниях артиллерийских стволов в различных режимах нагружения. Разработанные модели и полученные зависимости с определением остаточного ресурса и показателей износа и разрушения представляют собой научно-технический задел развития. В ходе проведенных исследований были выполнены мониторинг и апробация методов обобщенной теории неравновесных фазовых переходов для решения задач повышения информативности полигонных испытаний артиллерийских

стволов, а также разработаны теоретические основы экспериментальных методов исследования поверхности канала ствола с целью оценки его энергетического состояния и состояния износа.

Подтверждено, что кинетический подход, в котором процесс разрушения поверхностного слоя при трении, представляется в виде ассоциации точечных, линейных, поверхностных и объемных дефектов, позволяет строить функции распределения хорошо согласующиеся с эмпирическими распределениями Вейбулла и Рэлея. Апробация показала, что расчетные значения кинетических констант позволяют дать интерпретацию развития процесса разрушения по нескольким сценариям накопления повреждений в материале. Анализ кинетических распределений показал, что полученные зависимости могут быть использованы для расчета основных характеристик теории надежности: функций распределения повреждений, функций надежности, интенсивности потока накопления повреждений, ресурса и остаточного ресурса.

Разработаны математические модели разрушения конструкционного материала, в которых принято, что начальная стадия процесса разрушения – зарождения и накопления повреждений - реализуется в форме «спинодального» распада с формированием «надмолекулярной» структуры, т.е. процесса, имеющего аналогию в теории критической опалесценции Дебая. Начальные стадии процесса накопления повреждений и разрушения в форме «спинодального» распада дают структуры с размытыми «межфазными» границами. Классические модели механики разрушения, в качестве исходного состояния предполагающие наличие трещины, не позволяют отобразить информацию на ранних стадиях зарождения и развития процесса разрушения. Экспериментально подтверждено, что структуры повреждений материала канала ствола подобны «спинодальным» структурам, формирующимся при кристаллизации сплавов. Обосновано использование этого подобия в качестве аналогичной характеристики энергетического состояния канала ствола при фиксированном настреле.

Разработанная и апробированная математическая модель процесса разрушения конструкционного материала как неравновесного фазового перехода является научно-техническим заделом методики оценки энергетического состояния материала ствола (у поверхности и в объеме).

Предложенные математические модели трибохимической кинетики апробированы в качестве составной части программного обеспечения для решения задач внутренней баллистики артиллерийских стволов. Вычислительный эксперимент, проводимый с помощью программного обеспечения существенно снижает объем натурных полигонных испытаний в рамках решения задач проектирования артиллерийских стволов и зарядов с одновременным повышением информативности получаемых результатов. Кроме того, автором предложены технологические методы защиты поверхности материалов деталей от разрушения, основанные на снижении роста и концентрации дефектов в поверхностном слое детали при трении. Разработаны технологии регулирования интенсивности процессов разрушения металла путем формирования на его поверхности защитного барьера при изготовлении детали и в процессе ее эксплуатации. Результаты внедрения и полигонных испытаний технологий повышения износостойкости материалов стволов показали повышение живучести и остаточного ресурса стволов до 2,4 раз. Указанные технологии внедрены на предприятиях различных отраслей промышленности, в том числе и оборонно-промышленного комплекса.

Достоверность полученных теоретических результатов не вызывает сомнений т.к. подтверждена их высокой сходимостью с большим количеством экспериментальных данных полученных автором в ходе натурных испытаний.

Результаты исследований изложены автором чётко и последовательно, задачи сформулированы конкретно, выводы достоверны, рекомендации обоснованы. В работе использованы современные методы теоретических и экспериментальных исследований и анализа.

В целом можно утверждать, что диссертационное исследование выполнено на высоком научном уровне и представляет несомненный научный и практический интерес как для ученых и специалистов в области проектирования огнестрельного вооружения (артиллерийских систем, стрелкового вооружения и др), а также для инженеров-испытателей в ходе тестирования вооружения в полигонных условиях.

Основные положения научных и практических результатов работы апробированы на 10 международных научных конференциях. Кроме того, они были опубликованы в 78 научных работах, из них 17 статей, в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией России. Автор работы имеет 2-е монографии по теме исследования. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Текст диссертационной работы изложен логично, корректно по отношению к авторам и исследователям в вышеназванных областях знаний, содержит более 300 ссылок на первоисточники.

Вместе с тем, помимо выше перечисленных достоинств представленной работы, она не лишена и ряда недостатков. К которым можно отнести:

1. В диссертационной работе недостаточно полно отражены технологические мероприятия повышения износостойкости и живучести артиллерийских систем. Какие технологии и материалы следует использовать для повышения износостойкости артиллерийских систем?

2. Желательно провести уточнение: как на процессы трения и износа вместе влияют давление и температура в стволе?

3. Каким образом происходит управление процессами контроля содержания водорода и образования трещин в стволе?

Несмотря на наличие указанных замечаний они не снижают общей ценности проделанной работы и полученных соискателем результатов, т.к. диссертационная работа способствует развитию теории трибохимической кинетики внешнего трения, механохимической кинетики накопления

повреждений и разрушения конструкционных материалов, теорию неравновесных фазовых переходов.

Представленное диссертационное исследование представляет собой законченную научно-квалификационную работу, отвечающую требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Автор - Сидоров Михаил Игоревич, заслуживает присуждения ему искомой учёной степени доктора технических наук по специальности: 05.02.04 - «Трение и износ в машинах».

Официальный оппонент.

Руководитель института механики Удмуртского
Федерального исследовательского центра УрО РАН

д.т.н.

В.Б. Дементьев

Подпись Дементьева В.Б. заверяю

Первый заместитель директора

УдмФИЦ УрО РАН

А.Б. Семенихин

«01» 11 2018г.

Дементьев Вячеслав Борисович, руководитель института механики Удмуртского Федерального исследовательского центра УрО РАН, доктор технических наук, старший научный сотрудник

Адрес: 426067, г. Ижевск, ул. Т.Барамзиной, д.34

Тел. +7 (3412)202925, e-mail: demen@udman.ru