

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.112.02

созданного на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.11. 2018 г. № 12

О присуждении Сидорову Михаилу Игоревичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора технических наук.

Диссертация «Повышение живучести артиллерийских систем на основе моделирования и управления трибохимическими процессами изнашивания» по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах» принята к защите 27 августа 2018 года (протокол № 4) диссертационным советом Д 999.112.02, созданного на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет», Федерального агентства научных организаций, Министерства образования и науки Российской Федерации, 119334, Москва, ул. Бардина, д.4, приказ о создании диссертационного совета №1335/нк от 25.10.2016 года.

Соискатель, Сидоров Михаил Игоревич, 1960 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование показателей работы дизеля на основе предварительного термохимического преобразования топлива» защитил в 2006 году в диссертационном совете, созданном на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, работает ведущим научным сотрудником федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «МИРЭА-Российский технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в федеральном казенном предприятии «Научно-исследовательский институт «Геодезия» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «МИРЭА-Российский технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, Лукашев Евгений Алексеевич, пенсионер.

Официальные оппоненты:

Дементьев Вячеслав Борисович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», руководитель института;

Кравченко Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», кафедра «Технический сервис машин и оборудования», профессор;

Меделяев Игорь Алексеевич, доктор технических наук, федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра «Материально-технического обеспечения РВСН», профессор дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула, в своем положительном отзыве, подписанном Зеленко Виктором Кирилловичем, доктором технических наук, и. о. заведующего кафедрой «Стрел-

ково-пушечное вооружение», и утвержденном Воротилиным Михаилом Сергеевичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что диссертация по структуре, содержанию и объему является научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных исследований решена научная проблема, позволяющая с большой вероятностью прогнозировать износ ствола с увеличением настрела, имеющая важное народнохозяйственное значение, результаты исследования вносят значительный вклад в понимание роли каждого параметра многофакторной задачи повышения тактико-технических и эксплуатационных характеристик современных и перспективных артиллерийских систем и соответствует квалификационным требованиям пунктов 9 и 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, а ее автор - Сидоров Михаил Игоревич, заслуживает присуждение ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.04 -«Трение и износ в машинах»

Соискатель имеет 78 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 33 работы общим объемом 34 печатных листа; из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 17 работ; 4 публикации в зарубежных изданиях, включенных в международные реферативные базы (Web of Science, Scopus), 2 монографии. Получены 14 патентов на изобретение, 4 положительных решения по заявкам на патенты. Публикации, в том числе, написанные в соавторстве, отражают результаты, полученные лично автором.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Лукашев, Е.А. Трибохимическая кинетика внешнего трения: монография / Лукашев Е.А., Сидоров М.И. – М.: «Эко-Пресс», 2016. – 344 с.
2. Лукашев, Е.А. Механохимическая кинетика накопления повреждений, разрушения и износа: монография / Лукашев Е.А., Сидоров М.И. – М.: «Эко-Пресс», 2017. – 422 с.
3. Вагин, А.В. Факторы, определяющие живучесть артиллерийской системы, и технологические методы ее повышения / А.В. Вагин, А.Ю. Албагачиев, М.И. Сидоров, М.Е. Ставровский // Вестник машиностроения. – 2016. – №12. –

С.60-66.

4. Ставровский, М.Е. Исследование технологических мероприятий по снижению наводороживания материалов / М.Е. Ставровский, М.И. Сидоров, С.Г. Емельянов, С.П. Посеренин, И.М. Константинов // Известия Юго-Западного государственного университета «Серия Техника и технологии». –2016. – № 2(65). – С.20-25.

5. Лукашев Е.А. Модель топохимической кинетики взаимодействия материалов / Е.А. Лукашев, М.Е. Ставровский, М.И. Сидоров, С.Г. Емельянов, С.П. Посеренин // Известия Юго-Западного государственного университета «Серия Техника и технологии». – 2016. – № 2(65). – С.9-20.

6. Ставровский, М.Е. Исследование эксплуатационного наводороживания материалов деталей / М.Е. Ставровский, М.И. Сидоров, С.Г. Емельянов, С.П. Посеренин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 2(65). – С.59-65.

7. Вагин, А.В. Исследование противоизносных свойств покрытий на поверхностях артиллерийских стволов / А.В. Вагин, А.Ю. Албагачиев, М.И. Сидоров, М.Е. Ставровский // Вестник машиностроения. – 2017. – №9. – С.55-61.

8. Сидоров, М.И. Теория внешнего трения / А.Ю. Албагачиев, Е.А. Лукашев, М.И. Сидоров, М.Е. Ставровский // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2017. – №2. – С.53-55.

9. Албагачиев, А.Ю. Исследование микротвердости и трибологических характеристик покрытий / А.Ю. Албагачиев, М.И. Сидоров // Вестник машиностроения. – 2017. – №3. – С.63-66.

10. Сидоров, М.И. Исследование влияния технологических параметров на зависимость процессов изнашивания и образования водорода / Сидоров М.И., Ставровский М.Е., Албагачиев А.Ю // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2017. – № 4. – С.72-75.

11. Албагачиев, А.Ю. Сопоставление трибохимической кинетики внешнего трения и основных положений адгезионной и молекулярно-механической теорий трения / А.Ю. Албагачиев, Е. А. Лукашев, М. И. Сидоров, М. Е. Ставровский //

Вестник машиностроения. – 2017. – №5. – С.47-55.

12. Microhardness and tribological characteristics of coatings / A. Yu. Albagachiev, M. I. Sidorov // Russian Engineering Research, June 2017, Volume 37, Issue 6, pp 498–501.

13. Sidorov, M.I. Study of the influence of technological parameters on the dependence between wear processes and hydrogen formation / M.I. Sidorov, M.E. Stavrovskii, A.Y. Albagachiev // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2017. Т. 46. № 4. С. 380-384.

14. Лукашев, Е.А. Изменение характера фрикционных автоколебаний при повышении скорости скольжения / Е. А. Лукашев, М. И. Сидоров, М.Е. Ставровский // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2018. – № 2. – С. 30-37.

15. Лукашев, Е.А. Исследование процесса разрушения конструкционных материалов методом математической реконструкции в форме неравновесного фазового перехода / Е.А. Лукашев, Е.В. Радкевич, М.И. Сидоров, О.А. Васильева // Доклады Академии наук. – 2018. – Т.480, – № 2. – С.145-149.

16. Албагачиев, А.Ю. Топохимическая кинетика внешнего трения при механической и тепловой активации фрикционного контакта / А.Ю. Албагачиев, М. И. Сидоров, М.Е. Ставровский // Записки Горного института, Санкт-Петербург. – 2018. – Т.231. – С.312-316.

17. Заявка на изобретение № 2017145090 от 21.12.2017 г. / Способ измерения давления пороховых газов в канале ствола оружия / Колтунов В.В., Ватутин Н.М., Сидоров И.М., Сидоров М.И. и др.; заявитель ФКП «Научно-исследовательский институт «Геодезия».

18. Заявка на изобретение № 2017143573 от 13.12.2017 г. / Устройство для измерения давления пороховых газов в канале ствола оружия / Ватутин Н.М., Колтунов В.В., Сидоров И.М., Сидоров М.И. и др.; заявитель ФКП «Научно-исследовательский институт «Геодезия».

На диссертацию и автореферат поступило 16 отзывов. Все отзывы положительные:

1. Гаркунов Д.Н., д.т.н., профессор, лауреат премии Правительства России в области науки и техники, лауреат премии Президента России, лауреат Золотой Медали международного совета по трибологии, Президент отделения «Безызносность машин и механизмов» Академии проблем качества. Замечания: 1) не указано, в какой части оружейного ствола появляются трещины от касательных напряжений; 2) не приведены фактические данные о времени жизненного цикла оружейного ствола.

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем химической физики РАН», подписан Минцевым В.Б., д. ф.-м. н., профессором, член-корреспондентом РАН, заместителем директора Института проблем химической физики РАН, утвержден Ломоносовым И.В., заместителем директора ИПХФ РАН. Замечания: 1) из автореферата неясно, о каких составах смазки, используемых в промышленности, идет речь; 2) как на процессы трения и износа влияет давление; 3) отдельные замечания редакционного характера.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», подписан Ягодниковым Д. А., д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Ракетные двигатели», утвержден Зиминим В. Н., д.т.н., профессором, первым проректором - проректором по научной работе. Замечания: 1) не указано, в какой части оружейного ствола появляются трещины от касательных напряжений. В диссертационной работе приведены результаты износа резцов и изгиб. 2) не отражена связь между износом ствола и резца, и процессом изгиба; 3) не приведены фактические данные о времени жизненного цикла оружейного ствола.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», подписан Кэртом Б.Э., д.т.н., профессором, член-корреспондентом РАН, заведующим кафедрой "Средства поражения и

боеприпасы", утвержден Матвеевым С.А., к.т.н., проректором по научной работе и инновационно-коммуникационным технологиям БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова. Замечания: 1) из автореферата не ясно, какова оценка достоверности результатов испытаний, в том числе натуральных испытаний артиллерийских стволов; 2) из автореферата не ясно, где и какие результаты диссертации внедрены; 3) из автореферата не ясно, на каком основании автор делает вывод о повышении живучести и остаточного ресурса стволов до 2,4 раз; 4) название работы сужает область применения результатов исследования, т.к. они применимы для любых трущихся с большой скоростью деталей машин; 5) по приведенным в автореферате данным автор имеет 78 публикаций по теме диссертации, а по названиям статей таковых не более 20.

5. Федеральное казенное предприятие «Нижнетагильский институт испытания металлов», подписан Чвановым А.Е., к.т.н., ученым секретарем, старшим научным сотрудником, утвержден Смирновым Н.П., генеральным директором ФКП «НТИИМ». Замечания: 1) автору следовало бы привести структуру взаимосвязи математических моделей на протяжении всего выстрела (внутренняя- переходная- внешняя баллистика); 2) незначительные замечания редакционного характера.

6 Кузнецова В.Н., д. т. н., доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)». Замечания: 1) не приведены граничные условия и допущения, принятые для разработанных автором математических моделей трибохимической кинетики внешнего трения при движении снаряда по стволу; 2) не указана теоретическая значимость проведенных исследований.

7. Шоркин В.С., д. ф.-м. н., профессор, профессор кафедры технической физики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева». Замечания: 1) следует отметить отсутствие в моделях влияния на

триботехнические процессы величин продольной и вращательной скорости снаряда в стволе, а также комплекса технологических мероприятий по управлению процессами износа.

8. Коновалов С.В., д. т. н., профессор, заведующий кафедрой технологии металлов и авиационного материаловедения, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева». Замечания: 1) не понятно, какие материалы и по каким методикам были исследованы на износостойкость; 2) автору следовало привести в автореферате расшифровку всех обозначений; 3) какая взаимосвязь между напряжениями в материалах и статистикой возникновения дефектов структуры.

9. Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Техномаш» им. С.А. Афанасьева», подписан Чебаненко В.М., д. т. н., профессором, заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, экспертом НТС Госкорпорации «Роскосмос», научным консультантом ФГУП «НПО «Техномаш», утвержден Семеновым В.В., д.э.н., заместителем генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш». Замечания: нет.

10. Шустер Л. Ш., д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РБ, профессор кафедры «Основы конструирования механизмов и машин», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет». Замечания: 1) в автореферате не приведены методология и оборудование, на которых выполнялись собственные экспериментальные исследования; 2) практически отсутствуют результаты таких исследований; 3) очень скупо описаны результаты внедрения предложенных рекомендаций.

11. Вермель В.Д., д.т.н., Почетный авиастроитель РФ, профессор ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)», начальник Научно-технического центра научно-производственного комплекса, федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского». Замечания: нет.

12. Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ», подписан Гируцким О.И., д.т.н., профессором, лауреатом Государственной премии и премии Правительства РФ, заслуженным машиностроителем РФ, заместителем председателя Экспертного Совета, утвержден Бахмутовым С.В., д.т.н., профессором, заместителем генерального директора по науке ФГУП «НАМИ». Замечания: из автореферата неясно: 1) учитывался ли в модельных расчетах эффект Баушингера, возникающий при знакопеременных нагрузках; 2) учитывал ли автор при оценке общей живучести ствола изменение его физико-механических свойств материала после первого выстрела.

13. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник», подписан Черновым В. В., к.т.н., доцентом, начальником научно-исследовательского отдела, утвержден Закаменных Г.И., д.т.н., профессором, академиком РАН, генеральным директором АО «ЦНИИ «Буревестник». 1) На современном этапе наибольшую проблему представляет обеспечение живучести артиллерийских систем с дульной энергией до 30 МДж. Это связано с повышением динамичности нагружения в системе «ствол-снаряд» в условиях увеличения давления пороховых газов до 900 МПа, применения высокоэнергетических порохов с температурой горения $\sim 3500^\circ\text{K}$ и повышения мгновенной температуры поверхности канала до 1800°C . Результаты натурных испытаний орудий в таких условиях позволяют считать целесообразным дополнение моделей износа и разрушения учетом ударного воздействия ведущих устройств при движении снаряда по непрямолинейному стволу и радиальных осесимметричных колебаний ствола от движущегося фронта давления газов, особенно в дульной части. 2) Рассмотренная в диссертации обработка канала ствола и ведущих устройств снаряда металлоплакирующими составами позволяет повысить живучесть ствола пушки 2А46М вдвое по сравнению с исходным состоянием ствола при применении БГ1С ЗБМ42. Примерно такой же результат дает защитное хромовое гальваническое покрытие. Однако требуемый уровень живучести в вышеприведенных условиях должен в 2 - 3 раза превышать достигнутый на хромовом защитном покрытии. В

мировой артиллерийской практике для орудий среднего калибра это достигается применением вакуумной магнетронной технологии нанесения тугоплавкого многофункционального защитного покрытия. Однако она сложна, трудоемка и требует больших временных затрат. В этой связи, считаем целесообразным рассмотреть возможность применения износостойких составов, имеющих преимущество в простоте нанесения.

14. Миропольский Ф. П., д. т. н., профессор, ведущий научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение «3 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации. Замечания: 1) не рассмотрено очень важное направление повышения живучести стволов артиллерийского вооружения путём замены ведущих поясков снарядов на пластмассовые; 2) недостаточно чётко определена система параметров, характеризующих процессы изнашивания и разрушения материалов, что затрудняет получение обобщённой картины рассматриваемых в работе процессов; 3) не ясно из автореферата, имеются ли различия при использовании предлагаемых моделей в нарезном и гладком стволе.

15. Лебедев Е.Ф., д.т.н., главный научный сотрудник-советник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук. Замечание: в качестве пожелания хотелось бы знать мнение автора, насколько можно распространить разработанные методики и практические выводы для электромагнитных пушек, скорости движения снарядов в которых может достигать нескольких километров в секунду.

16. Максаров В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой машиностроения, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». Замечания: 1) пожелание более подробного обзора и других отраслей машиностроения, где могут найти применение полученные в работе теоретические и практические результаты.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием

публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научные основы новых методов моделирования испытаний артиллерийских стволов на изнашивание и артиллерийских систем на живучесть, позволяющие повысить их достоверность и информативность, расширить границы применимости результатов;

разработаны и верифицированы математические модели трибохимической кинетики внешнего трения и механохимической кинетики накопления повреждений в материалах артиллерийских стволов, позволившие получить качественно новые зависимости между параметрами процессов изнашивания и повысить возможности изучения их влияния на процессы разрушения материалов;

разработаны математические модели разрушения конструкционного материала, в которых начальная стадия процесса разрушения – зарождения и накопления повреждений - реализуется в форме «спинодального» распада с формированием «надмолекулярной» структуры;

разработаны и верифицированы модели оценки энергетического состояния материалов и параметров их работоспособности на основе теории неравновесных фазовых переходов, позволяющие обобщать данные широкого круга явлений и процессов, происходящих в артиллерийских стволах при эксплуатации.

предложены:

- кинетический подход, в котором процесс разрушения поверхностного слоя при трении, представляется в виде ассоциации точечных, линейных, поверхностных и объемных дефектов;

- математическая модель теории неравновесных фазовых переходов, в которой кроме традиционных переменных состояния, используются независимые «градиентные» переменные для отображения энергетического состояния поверхностного слоя канала ствола;

- новые методы прогнозирования изменения состояния поверхности и рабо-

тоспособности артиллерийских стволов, контролем обоснованного количества комплексных параметров, определяющих процессы взаимодействия материалов при трении.

- новые принципы подхода к решению вопросов контроля и регулирования интенсивности процессов разрушения поверхности артиллерийских стволов, путем формирования на его поверхности пассивирующего покрытия и применением металлоплакирующих композиций в составе смазочных материалов в процессе эксплуатации;

- разработанные составы смазочных, обкаточных и смазочно-охлаждающих жидкостей, позволяющих формировать плакирующий защитный слой на поверхностях деталей узлов трения в том числе в условиях применения артиллерийского ствола.

доказано, что:

- разработанные модели трибохимической кинетики, описывающие зависимости коэффициента трения от скорости скольжения, модели и полученные зависимости определения остаточного ресурса, показателей износа и разрушения, экспериментальные методы исследования поверхности канала ствола с целью оценки его энергетического состояния и состояния износа позволяют использовать эти характеристики трения для расчетных методов внутриваллистических испытаний;

- методы термодинамической теории неравновесных фазовых переходов качественно и с высокой достоверностью описывают явление разрушения, относящегося к классу критических.

введены: кинетические константы моделей топахимической, трибохимической и механохимической кинетики внешнего трения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано:

- разработанные модели трибохимической кинетики позволяют описывать сложные режимы трения со схватыванием и заеданием как фрикционные автоколебания, адекватно описывают сложные зависимости коэффициента трения от

скорости скольжения, фиксируемые в эксперименте;

- разработанный кинетический подход к разрушению поверхностного слоя при трении позволяет строить функции распределения хорошо согласующиеся с эмпирическими распределениями Вейбулла и Рэля, а расчетные значения кинетических констант позволяют дать интерпретацию развития процесса разрушения по нескольким сценариям накопления повреждений в материале;

- предложенная модель, в которой начальная стадия процесса зарождения и накопления повреждений реализуется в форме спинодального распада, позволяет отразить влияние наиболее информативных ранних стадий зарождения и развития процесса разрушения поверхности трения артиллерийского ствола.

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с применением обладающих новизной результатов) использованы понятийный и математический аппарат теорий трения и изнашивания, топохимической, трибохимической, механохимической кинетики трения и изнашивания, термодинамической теории неравновесных фазовых переходов, теории усталостного разрушения, комплекс сертифицированных базовых методов полигонных испытаний, методы триботехнических испытаний в контролируемых средах.

изложены: – обоснованные принципы построения математических моделей топохимической, трибохимической, механохимической кинетики трения и изнашивания, адекватные физическим закономерностям процессов изнашивания и накопления дефектов структуры поверхности артиллерийского ствола;

- результаты апробации математических моделей процессов изнашивания и накопления повреждений в поверхностном слое артиллерийского ствола, приводящего к изнашиванию и разрушению его материала;

- основные положения математической термодинамической модели разрушения материалов, как неравновесного фазового перехода, происходящего в системах с большими запасами избыточной энергии и значений градиентов;

- рекомендации по применению комплекса технологических и эксплуатационных мероприятий по управлению процессами, обеспечивающими снижение изнашивания материалов артиллерийских систем

изучены: – механизмы формирования процессов накопления повреждений в материалах поверхностных слоев артиллерийских стволов при трении, функции распределения повреждений, функции надежности, интенсивности потока накопления повреждений, ресурса и остаточного ресурса;

– характер топохимических зависимостей при учете механохимической и тепловой активации поверхностей трения;

- параметры математических моделей трибохимической кинетики внешнего трения и фрикционных автоколебаний: зависимости влияния температуры, вызывающее изменение скорости перехода потенциальных зародышей в активные ядра адгезионного схватывания, на характер фрикционных колебаний; влияния температуры, вызывающее изменение скорости роста ядер адгезионного схватывания, на характер фрикционных автоколебаний; влияния температуры, вызывающее изменение скоростей перехода зародышей в активные ядра адгезионного схватывания и роста этих ядер, на характер фрикционных автоколебаний.

- механизм развития процесса разрушения, который характеризуется зарождением и накоплением повреждений в материале, и аналогичен процессу спинодального расслоения на фазы, наблюдаемому при высокоградиентной кристаллизации.

– существенный массив экспериментальных данных по накоплению повреждений в материале ствола (в объеме и в поверхностном слое), служащих исходными данными для валидации математических моделей разрушения в форме неравновесного фазового перехода;

– взаимосвязи содержания диффузионноактивного водорода в материалах и интенсивности изнашивания поверхностей трения, по которым проведена оптимизация концентрации металлоплакирующих элементов в составе смазочной среды.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены – комплекс средств оснащения полигонных испы-

таний на живучесть, на энергетическую эффективность и поражающее действие артиллерийских систем;

- в различных отраслях промышленности составы смазочных, обкаточных и смазочно-охлаждающих жидкостей, позволяющие формировать плакирующий защитный слой на поверхности деталей узлов трения для повышения их срока службы;

- методология регулирования величины износа высоконагруженных узлов технических систем, основанная на контроле содержания в металлах диффузионно-активного водорода и обеспечения эффективной защиты от наводороживания поверхностных слоев деталей технологиями металлоплакирования.

За работы по созданию «Комплекса оборудования и технологий с управлением качеством нанесения многофункциональных покрытий для повышения работоспособности высоконагруженных узлов» Распоряжением Правительства РФ от 17 марта 2010 г. № 333-р автор в составе коллектива был отмечен премией Правительства РФ в области науки и техники за научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, завершившиеся созданием и широким применением в производстве принципиально новых технологий, техники, оборудования и материалов.

определены: – направления совершенствования мероприятий по обеспечению живучести артиллерийских систем на основе управления трибохимическими процессами взаимодействия материалов пары ствол-снаряд.

созданы - модели трибохимической кинетики, описывающие зависимости коэффициента трения от скорости скольжения, которые позволяют использовать эти характеристики трения для расчетных методов внутрибаллистических испытаний и составляют научно-технический задел САПР артиллерийских стволов;

- модели механохимической кинетики для построения кривых распределения накопления повреждений в материалах при испытаниях артиллерийских стволов в различных режимах нагружения с определением остаточного ресурса и показателей износа и разрушения, которые представляют собой научно-технический задел расчетных методов внутрибаллистических испытаний и САПР

артиллерийских стволов;

- модели обобщенной теории неравновесных фазовых переходов, являющиеся основой научно-технического задела развития экспериментальных методов внутрибаллистических испытаний и САПР артиллерийских стволов.

даны: – рекомендации по технологиям нанесения покрытий и применения металлоплакирующих материалов для повышения живучести артиллерийских систем;

– рекомендации по методическому обеспечению полигонных испытаний артиллерийских систем на живучесть.

представлены: - методические материалы по математическому моделированию испытаний артиллерийских систем на живучесть.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном и аттестованном лабораторном оборудовании, и оборудовании для полигонных испытаний, калибровка экспериментальных стендов и установок выполнялась в соответствии с требованиями отраслевых стандартов, показана высокая сходимость результатов теоретических расчетов и экспериментальных данных;

теория, построенная на использовании известных опубликованных данных, корректно согласуется с полученными в работе по теме диссертации экспериментальными зависимостями и результатами;

идея базируется на обобщении передового отечественного и зарубежного опыта в области науки о трении и изнашивании, на основе анализа существующих теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия поверхностей трения и на результатах собственных научных исследований;

установлено, что результаты диссертационного исследования не противостоят научным исследованиям в областях трения и износа и дополняют их в части описания процессов изнашивания материалов артиллерийских стволов, взаимосвязи параметров трения, процессов накопления дефектов и разрушения материалов;

использованы современные методики сбора и обработки исходной инфор-

мации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора на всех этапах подготовки диссертационной работы, включая: постановку теоретическое обоснование, апробацию и обоснование результатов разработанных моделей трибохимической кинетики внешнего трения, механохимической кинетики накопления повреждений и разрушения материалов, теории разрушения материала канала артиллерийского ствола в форме неравновесного фазового перехода в приложении к решению задач внутренней баллистики и повышению информационной обеспеченности полигонных испытаний артиллерийских стволов на живучесть; теоретически обоснован методический подход, позволяющий значительно повысить информативность полигонных испытаний артиллерийских стволов на живучесть, при одновременном сокращении их объема, являющийся научно-техническим заделом баллистических испытаний; обоснованы, разработаны и внедрены технологии повышения износостойкости тяжело нагруженных узлов трения и повышения живучести технических систем современного вооружения и военной техники. Созданы компьютерные программы для проведения испытаний и обработки экспериментальных данных; разработаны методики проведения экспериментальных исследований, проведена обработка и интерпретация экспериментальных данных; подготовлены и достаточно широко освещены в печати публикации по выполненной работе; сформулированы выводы по результатам диссертационного исследования.

Диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней ВАК РФ. В работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, направленные на повышение живучести артиллерийских си-

стем на основе моделирования и управления трибохимическими процессами изнашивания, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

На заседании 29 ноября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Сидорову М.И. учёную степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 11 докторов наук по специальности 05.02.04, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 22, против - 2, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель
диссертационного совета,
доктор технических наук,
профессор



Олег Николаевич Федонин

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук,
доцент



Виктор Александрович Хандожко

29 ноября 2018 г.