

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.05

**Соискатель:** Комаров Илья Сергеевич

**Тема диссертации:** Численное моделирование виброударного нагружения конструкций на стендах взрывного действия при имитации нагрузок от срабатывания пиротехнических средств разделения

**Специальность:** 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 27 апреля 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно – квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Комарову Илье Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** заместитель *председателя диссертационного совета* Фирсанов В.В., *ученый секретарь диссертационного совета* Федотенков Г.В., Антуфьев Б.А., Бирюков В.И., Гришанина Т.В., Дмитриев В.Г., Дудченко А.А., Зверяев Е.М., Крахин О.И., Кузнецов Е.Б., Лурье С.А., Мовчан А.В., Нерубайло Б.В., Рабинский Л.Н., Рыбаков Л.С., Сидоренко А.С., Солдатенков И.А., Туркин И.К., Шклярчук Ф.Н.

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.05 к.ф.-м.н., доцент

Федотенков Г.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «27» апреля 2016 г. № 3

О присуждении Комарову Илье Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Численное моделирование виброударного нагружения конструкций на стендах взрывного действия при имитации нагрузок от срабатывания пиротехнических средств разделения» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «24» февраля 2016 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Комаров Илья Сергеевич 1986 года рождения, в 2009 году окончил кафедру «Космические летательные аппараты» факультета аэрофизики и космических исследований Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

В 2009 году поступил в очную аспирантуру Федерального государственного унитарного предприятия Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (ФГУП ЦНИИмаш). В 2012 году соискатель окончил обучение в аспирантуре ФГУП ЦНИИмаш.

Соискатель работает с 2009 г. в отделе динамической и ударной прочности ФГУП ЦНИИмаш, в настоящее время в должности начальника сектора.

Диссертация выполнена в отделе динамической и ударной прочности ФГУП ЦНИИмаш Государственной корпорации «РОСКОСМОС», город Королев.

Научный руководитель – доктор технических наук **Фельдштейн Валерий Адольфович**, работает в Федеральном государственном унитарном предприятии Центральный научно-исследовательский институт машиностроения в должности начальника отдела динамической и ударной прочности.

Официальные оппоненты:

- **Борзых Сергей Васильевич**, доктор технических наук, профессор, начальник отдела открытого акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева» (ОАО «РКК «Энергия»)),

- **Чепрунов Александр Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного казенного учреждения 12 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации (ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **«Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный Космический Научно-производственный Центр имени М.В. Хруничева конструкторское бюро «Салют» (КБ Салют ГКНПЦ им. М.В. Хруничева)** в своем положительном заключении, подписанном кандидатом технических наук, начальником службы технического и организационного управления проектами расчетного направления **КБ Салют ГКНПЦ им. М.В. Хруничева** Бахтиным Александром Георгиевичем, кандидатом технических наук, ведущим конструктором отдела нагрузок и прочности **КБ Салют ГКНПЦ им. М.В. Хруничева** Охотниковым О.И., доктором технических наук, профессором, ученым секретарем НТС **КБ Салют ГКНПЦ им. М.В. Хруничева** Безяевым Р.В., указала, что в диссертации решена важная научно-техническая задача разработки и обоснования методов численного моделирования режимов нагружения, реализуемых виброударными стендами и мобильными

устройствами взрывного типа. Это позволяет усовершенствовать технологию управляемой имитации виброударных нагрузок от срабатывания пиротехнических средств разделения при наземной отработке изделий ракетно-космической техники. Диссертация Комарова И.С. имеет большое практическое значение для отрасли, так как дает испытательным подразделениям инструмент, существенно повышающий точность воспроизведения требуемых ударных нагрузок по сравнению с существующими методами испытаний. Это позволяет сократить затраты времени и средств на проведение испытаний за счет исключения пробных запусков установок, а также избежать повреждений объекта испытаний при превышении заданных уровней нагрузки.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 8 работ, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Комаров, И.С. Наземная экспериментальная отработка изделий ракетно-космической техники на ударное воздействие от пиротехнических средств разделения [Электронный ресурс] // Труды МАИ. Электронный журнал. 2013. № 71. Режим доступа <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=46931>.

Рассмотрен вопрос численного моделирования виброударного нагружения при срабатывании пиротехнических средств разделения на примере нагружения бака ракеты-носителя и сравнения полученных численных результатов с экспериментальными данными.

2. Комаров, И.С. Численное прогнозирование режимов ударного нагружения, реализуемого пороховыми баллистическими установками / И.С. Комаров, В.А. Фельдштейн // Космонавтика и ракетостроение. 2015. № 3 (82). с 89-95.

Рассмотрен вопрос численного моделирования горения пороховых зарядов и их применения для отработки ударной прочности с использованием пороховых баллистических установок. Проведено сравнение экспериментальных данных и результатов численного моделирования.

3. Комаров, И.С. Перспективы развития экспериментальной базы для исследования ударной прочности / И.С. Комаров, Б.И. Абашкин, Е.П. Буслов,

О.С. Покровский, А.Ю. Ренжин, А.Д. Судомоев, В.В. Устинов, В.А. Фельдштейн, Т.И. Ходцева // Космонавтика и ракетостроение. 2014 – № 4(77). с. 178-184.

Внимание уделено направлениям развития экспериментальной базы динамической и ударной прочности ФГУП ЦНИИмаш в том числе метрологическому и экспериментальному обеспечению выполнения испытаний на действие виброударных нагрузок с использованием виброударных стендов взрывного действия.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации, отзыв положительный;

от официального оппонента, **Борzych Сергея Васильевича**, заверенный ученым секретарем диссертационного совета ДС.520.001.01, Хатунцевым О.Н., отзыв положительный;

от официального оппонента, **Чепрунова Александра Александровича**, заверенный заместителем начальника ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России по научной работе В. Чипко, отзыв положительный;

от **НИИ ПММ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»**, подписанный доктором технических наук, старшим научным сотрудником, профессором кафедры динамики полета, ведущим научным сотрудником Христенко Ю.Ф., заверенный ученым секретарем НИИ ПММ ТГУ Ереминым Е.В., отзыв положительный;

от **Акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева»**, подписанный заместителем генерального конструктора Молчановым С.Ф., начальником отдела нагрузок и прочности Лямкиным В.И., ведущим научным сотрудником, кандидатом физико-математических наук Мухачевым А.Г., заверенный главным ученым секретарем АО «ГРЦ Макеева», кандидатом технических наук Калашниковым С.Т., отзыв положительный;

от **Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого» Министерства обороны Российской Федерации**, подписанный старшим научным сотрудником НИЛ-18 доктором технических наук, профессором Мелешко В., старшим научным сотрудником НИЛ-18 кандидатом технических наук Кузиным Е., начальником НИЛ-17 кандидатом технических наук, доцентом, майором Воробьевым А., утвержденный заместителем начальника академии по учебной и научной работе, кандидатом военных наук, доцентом, генерал-майором Усатенко О., отзыв положительный.

от **Федерального государственного унитарного предприятия «Опытное конструкторское бюро «ФАКЕЛ» (ФГУП ОКБ «ФАКЕЛ»)** подписанный начальником лаборатории 402 Усановым А.Ю., ученым секретарем НТС «ОКБ «Факел», ведущим специалистом Нятиным А.Г., заверенный заведующей канцелярией «ОКБ «Факел» Пильченко Г.П., утвержденный ВрИО директора ФГУП ОКБ «Факел» Корякиным А.И., отзыв положительный

от **Акционерного Общества «Военно-Промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения» (АО «ВПК «НПО машиностроения»)** подписанный начальником научно-исследовательского отделения тепловibroпрочности АО «НПО машиностроения» Бобровым А.В., ученым секретарем НТС АО «НПО машиностроения» Точиловым Л.С., утвержденный первым заместителем генерального директора АО «ВПК «НПО машиностроения», кандидатом физико-математических наук Хромушкиным А.В., отзыв положительный

от **Открытое акционерное общество «Корпорация «Московский институт теплотехники» (АО «Корпорация «МИТ»)** подписанный доктором технических наук, профессором, начальником отдела АО «Корпорация «МИТ» О.В. Кузнецовым, заверенный ученым секретарем Ученого совета АО «Корпорация «МИТ» Румянцевым Б.В., отзыв положительный.

от **Акционерного общества «Ракетно-космический центр «Прогресс» (АО «РКЦ «ПРОГРЕСС»)** подписанный ведущим научным сотрудником, доктором технических наук Ткаченко С.И., заместителем главного инженера-начальником испытательного центра Лукиным Е.Б., утвержденный первым заместителем генерального директора-главным инженером АО «РКЦ «ПРОГРЕСС», кандидатом технических наук Тюлевиным С.В., отзыв положительный.

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве ведущей организации **КБ Салют ГКНПЦ им. М.В. Хруничева** имеется четыре замечания:

1. При рассмотрении подходов по определению уровней виброударных ускорений в узлах крепления бортового оборудования изделий не рассмотрены вопросы моделирования рассеяния энергии ударных волн при прохождении через разъемные стыки.
2. Не рассмотрены подходы к моделированию отражения ударных волн от стыков и их сложения с ударными волнами, пришедшими от источника.
3. Не приведены сведения о возможных величинах погрешности при численных расчетах ударных нагрузок от мобильных устройств взрывного типа.
4. В обзоре литературы нет ссылок на труды члена-корреспондента РАН М.В. Сильникова.

Замечания в отзыве официального оппонента С.В. Борзых:

1. Чем обусловлено применение явного метода интегрирования уравнений движения (данный подход используется на протяжении всей работы), а не использование неявного метода?
2. В диссертации рассматривается вопрос покомпонентного нагружения (вдоль каждой оси - один удар).

Целесообразно представить рекомендации по замене однокомпонентного нагружения на одновременное трехкомпонентное нагружение, что реализуется в реальных (летных) условиях.

Замечания в отзыве официального оппонента А.А. Чепрунова:

1. Недостаточно полно раскрыты вопросы метрологического обеспечения измерений и способы задания эталонных воздействий на разработанный вибрационный стенд.
2. Не приводится диапазон применимости разработанных методик, что расширило бы возможности их использования в испытаниях различного вида с использованием генераторов механического импульса давления.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из НИИ ПММ ТГУ:

1. При расчете инициирования порохового заряда не учитывается вклад капсуль-воспламенителя, что может влиять как на профиль давления, так и на результирующую скорость метаемой частицы.
2. Предложенная расчетная методика горения пороха применима при  $P$  (давлении газов продуктов горения  $P \geq 15$  МПа). Что мешает ее использовать при давлениях ниже 15 МПа?
3. Характеристики порохов, такие как сила пороха, коволюм пороховых газов может различаться от партии к партии, условий хранения и т.д., поэтому целесообразно определять полное пиростатическое давление на манометрической бомбе, а не использовать справочные данные.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из АО «ГРЦ Макеева»:

1. Отсутствуют рекомендации по вариантам оптимальных конструкций ударных стендов.
2. Предложенная методика расчета верифицирована на металлических конструкциях. Отсутствуют рекомендации по использованию методики для конструкций из композиционных материалов.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из Военная академия РВСН имени Петра Великого:

1. Из автореферата не ясно, какой метод решения использовался (явный или неявный) при численном моделировании: метания частицы на пороховой баллистической установке (глава 2), виброударного нагружения (глава 3), ударно-волнового нагружения пакета материалов (глава 4).
2. Из рассмотрения рисунка 17 не ясно, использовался ли для инициирования детонации в заряде взрывчатого вещества генератор плоской волны или линзы, оценивалось ли автором затухание ударной волны в резине и в полистироле;
3. Из текста автореферата не ясно, чем отличается предлагаемый способ расчета характеристик горения от известных ранее (например, решение задачи внутренней баллистики ствольных систем по М.Е. Серебрякову) и какие неизвестные константы при этом могут быть определены.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из ФГУП ОКБ «Факел»:

1. Из автореферата неясно, учитывалось ли при проведении численного эксперимента влияние испытываемого изделия (его резонансные и массовые характеристики) на параметры ударного нагружения, а также изделия какой массы можно отрабатывать с использованием указанных ударных стендов;
2. При верификации численных методов автор недостаточно ясно изложил, принимались ли во внимание единичные результаты испытаний или была проведена статистическая обработка серии экспериментальных исследований, по котором были верифицированы расчетные методики.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из АО «ВПК «НПО машиностроения»:

1. При разработке методик не рассмотрен вопрос моделирования и расчетной оценки виброударного нагружения в диапазоне частот до 100 Гц;
2. В работе не учтено влияние объекта испытаний (масса, габариты, жесткость) на динамические характеристики стационарного стенда взрывного действия и получаемые ударные спектры.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из АО «Корпорация «МИТ»:

1. Из текста автореферата не ясно, учитывается ли вклад (динамический, передаточная функция) монтажных кубиков – «бобышек», на которые установлены датчики. при численном моделировании?

2. Неясно, каким образом учитывается акустический вклад (от подрыва ВВ) в результирующий сигнал виброускорения и не рассмотрены вопросы уменьшения влияния акустических волн с целью приближения условий испытания к натурным.

Замечание в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из АО «РКЦ «ПРОГРЕСС»:

1. Не представлены способы снижения расхождений результатов численного моделирования с результатами, полученными при эксперименте.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Борзых Сергей Васильевич и кандидат технических наук Чепрунов Александр Александрович являются высококвалифицированными специалистами в области диссертационного исследования, а ведущая организация является одним из ведущих научно-технических центров по разработке и испытаниям изделий ракетно-космической техники.

Борзых Сергей Васильевич имеет докторскую степень по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». Его научная деятельность связана с исследованиями в области динамики посадки и отделения космических аппаратов, расчетами и проектированием систем разделения ступеней ракет, что непосредственно связано с темой диссертационной работы Комарова И.С. За предыдущие 5 лет имеет 5 научных публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий, 1 рецензируемую монографию. В основном тематика публикаций связана со сферой исследований диссертации:

- Колесников К.С., Кокушкин В.В., Борзых С.В., Панкова Н.В. Расчет и проектирование систем разделения ступеней ракет. Издание 2-е, дополненное. Красноярск: изд-во Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф.Решетнева . 2011 г. 340 С. Тираж 1000 экз;

- Борзых С.В., Бакулин Д.Н. Исследование динамики процесса отделения космического аппарата, содержащего упругие элементы [Текст] //Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского// 2011. № 4-4 С. 1380-1382. Импакт-фактор РИНЦ 2013 – 0,130.

Чепрунов Александр Александрович имеет степень кандидата наук по специальности 20.02.14 «Вооружение и военная техника, комплексы и системы военного назначения». Его научная деятельность связана с исследованиями в области создания ударных нагрузок с использованием взрывчатых веществ и регистрацией быстропротекающих процессов, что непосредственно связано с темой диссертационной работы Комарова И.С. За предыдущие 5 лет имеет 3 научных публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий, 7 патентов и заявок на изобретения. В основном тематика публикаций связана со сферой исследований диссертации:

– Бакулин В.Н., Грибанов В.М., Острик А.В., Роиудинова Е.А., Чепрунов А.А. Методы оптимального проектирования и расчета композиционных конструкций. В 2 т. Т.2. Механическое действие рентгеновского излучения на тонкостенные композиционные конструкции. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.–256 с.– ISBN 978-5-9221-0967-3

– «Контактно-секторный заряд из листового взрывчатого вещества» Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2498200 от 10.11.2013 г

– «Сотовый заряд из листового взрывчатого вещества» Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам №2560176 от 21.07.2015 г

Вышеизложенное позволяет считать, что выбор диссертационным советом этих ученых в качестве официальных оппонентов по диссертации Комарова Ильи

Сергеевича на тему «Численное моделирование виброударного нагружения конструкций на стендах взрывного действия при имитации нагрузок от срабатывания пиротехнических средств разделения» является обоснованным, соответствует Постановлению ВАК о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24 сентября 2013 г. и Положению ВАК о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденному приказом Министерства образования и науки РФ № 7 от 13 января 2014 г.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** новые методики численного моделирования виброударного нагружения конструкций ракетно-космической техники, что расширяет возможности их наземной экспериментальной отработки и повышает информативность исследуемых явлений;

**предложены** новые подходы к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области исследований процессов виброударного нагружения и испытаний конструкций на виброударные нагрузки;

**доказана** применимость разработанных методик численного моделирования виброударного нагружения;

**новые понятия** не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказаны** новые положения предложенных методов исследования процессов виброударного нагружения конструкций ракетно-космической техники и специализированных испытательных стендов, вносящие существенный вклад в развитие расчета сложных пространственных быстрозатухающих колебательных процессов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** разработанный автором комплекс методик для исследования процессов виброударного нагружения, методы статистической обработки результатов испытаний,

экспериментальных методик моделирования виброударных нагрузок и регистрации быстропротекающих процессов;

**изложены** методика численного расчета нагрузок, реализуемых устройствами локального нагружения и метательными установками взрывного типа, методика численного моделирования виброударных процессов в типовых конструктивных элементах ракет-носителей и космических аппаратов при имитации срабатывания пиросредств с помощью устройства локального нагружения взрывного типа, методика численного моделирования режимов работы источников нагрузки – импульсных устройств на основе взрывчатых веществ и демпфирующих элементов, методика численного моделирования виброударных режимов, реализуемых на стационарном стенде взрывного действия;

**раскрыты** преимущества предлагаемого подхода к решению задач виброударной отработки изделий ракетно-космической техники;

**изучены** влияние начальных параметров (масса взрывчатого вещества, масса пороха, материалы демпферов-формирователей профиля ударной нагрузки) в устройствах локального и импульсного нагружения, влияние конструктивного исполнения стационарных стендов на реализуемые уровни виброударного нагружения;

**проведена модернизация** существующих алгоритмов численного моделирования и прогнозирования режимов испытаний изделий ракетно-космической техники на воздействие виброударных нагрузок от срабатывания пиротехнических средств разделения с использованием устройств локального нагружения и стационарных виброударных стендов.

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

**разработаны** теоретические основы совершенствования методов прочностных испытаний изделий ракетно-космической техники путем внедрения численного моделирования в практику наземной имитации виброударного нагружения от срабатывания пиротехнических средств разделения и создания стационарных виброударных стендов и устройств взрывного действия;

**определены** направления практического использования результатов исследований, в частности, при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по проектированию и сопровождению изделий ракетно-космической техники на всех стадиях их жизненного цикла, при проведении отладочных испытаний на стационарных виброударных стендах взрывного действия и устройств локального нагружения, при определении оптимальных параметров систем измерения виброударных процессов, при проектировании высокочувствительной бортовой аппаратуры, в части выдачи исходных данных по уровням перегрузок, при срабатывании пиротехнических средств разделения;

**создана** методика численного моделирования на основе предварительного сравнения тестовых задач с аналитическими решениями, сопоставления получаемых результатов с экспериментальными данными исследуемого процесса, обеспечивая таким образом верификацию и валидацию разрабатываемой методики;

**представлены** рекомендации и предложения по совершенствованию методов прочностных испытаний изделий ракетно-космической техники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** измерительная информация получена с использованием поверенных первичных преобразователей (акселерометры, датчики давлений) и аттестованных систем измерений внесенных в Государственный реестр средств измерений, при регистрации использовались аттестованные методики измерений;

**теория** построена с использованием классических соотношений теорий горения, взрыва, пластин и оболочек, законов механики деформируемого твердого тела;

**идея базируется** на экспериментальном подтверждении результатов численного моделирования;

**использованы** сравнения данных авторских результатов численного расчета и экспериментальных данных, полученные автором на модельных и натуральных экспериментах;

**установлено** качественное и количественное соответствие результатов расчета (получены автором), с экспериментальными данными (получены автором);

**использованы** современные программно-математические пакеты (Abaqus, Autodyn), сведения, содержащиеся в литературе по рассматриваемой тематике.

**Личный вклад** соискателя состоит:

- в непосредственном участии в получении исходных данных, разработке и реализации методик моделирования, получении и обработке результатов исследований, подготовке основных публикаций и личных выступлениях с докладами по выполненной работе;
- в разработке способа идентификации параметров, используемых в уравнении состояния пороха, по известным энергетическим и геометрическим характеристикам для численного расчета ударных нагрузок, создаваемых пороховыми зарядами в устройствах локального нагружения;
- в разработке модели нагружающего устройства с зарядами взрывчатого вещества и демпфирующими элементами для численного расчета параметров нагружающего устройства виброударного стенда;
- в верификации и валидации методик численного моделирования виброударных нагрузок на конструкции и бортовое оборудование ракет-носителей и космических аппаратов, реализуемых устройствами локального нагружения и стационарными стендами взрывного действия;
- в разработке научно-методических основ совершенствования методов прочностных испытаний конструкций и бортового оборудования ракет-носителей и космических аппаратов на воздействие виброударных нагрузок от срабатывания пиротехнических средств разделения на базе численного моделирования и прогнозирования испытательных режимов.

На заседании 27 апреля 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Комарову И.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в

заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя диссертационного  
совета Д 212.125.05 д.т.н., профессор

Фирсанов В.В.

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.05 к.ф.-м.н., доцент

Федотенков Г.В.

Ученый секретарь МАИ (НИУ)

к.т.н., доцент

Ульяшина А.Н.

«27» апреля 2016 г.