

В диссертационный совет Д 212.125.05  
при ФГБОУ ВО "Московский  
авиационный институт (национальный  
исследовательский университет)" МАИ  
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское шоссе, д. 4

## ОТЗЫВ

**На автореферат диссертации Комарова Ильи Сергеевича "Численное моделирование виброударного нагружения конструкций на стендах взрывного действия при имитации нагрузок от срабатывания пиротехнических средств разделения", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры"**

Работа Комарова И.С. посвящена виброударной прочности бортового оборудования ракет-носителей и космических аппаратов. Этим проблемам уделялось и уделяется большое внимание при наземной отработке ракетно-космической техники, что, тем не менее, не исключает отказов. Особенно часто, такие отказы происходят на активном участке выведения. Поэтому задача соискателя, безусловно, не только актуальна в практическом плане, но соответствует критерию новизны полученных результатов.

В работе предложено использовать численный аппарат – расчетные математические пакеты для прогнозирования предельных значений. Причем, автором использовано несколько достаточно сложных пакетов, для входа в которые требуется большое количество параметров. Особо можно отметить решение задачи внутренней баллистики. Подробное математическое описание процессов горения или выстрела является сложной физико-химической и механической задачей. Физические константы, входящие в модель, должны определяться экспериментально, что является самостоятельной сложной задачей.

Автором проведены сложные экспериментальные исследования по определению характеристик отечественных порохов и, в частности, графитированного пороха 4/7 (Комаров И.С. Численное прогнозирование режимов ударного нагружения, реализуемого пороховыми баллистическими установками [Текст] / И.С. Комаров, В.А. Фельдштейн // Космонавтика и ракетостроение. - 2015. - № 3 (82). – с. 89-95).

Научная новизна работы заключается в следующем:

- впервые разработана и экспериментально обоснована методика расчета параметров нагрузок, создаваемых пороховыми зарядами в баллистических устройствах, используемых для виброударного нагружения;

- впервые разработана и экспериментально обоснована методика расчета параметров ударных нагрузок, создаваемых специальными стендами с использованием энергии взрыва;

- впервые разработана и экспериментально обоснована методика численного моделирования и прогнозирования испытательных режимов, реализуемых как локальными пороховыми устройствами, так и стендами взрывного действия, применяемых для отработки прочности бортового оборудования ракет-носителей и космических аппаратов на воздействие виброударных нагрузок.

Автором проведены сложные экспериментальные работы, в которых обоснована возможность использования разработанных моделей для методики моделирования испытательных виброударных режимов нагружения.

Полученные Комаровым И.С. результаты имеют большое значение для выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ как в части исследования процессов распространения волн деформации так и в части проектирования перспективных взрывных стендов.

В качестве замечаний и пожеланий можно отметить следующее:

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 Р (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.

Отмеченные недостатки не влияют на общее положительное впечатление о работе в целом.

Судя по автореферату, диссертация Комарова И.С. выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим наукам, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры".

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры динамики полета, ведущий научный сотрудник НИИ ПММ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

e-mail: hrs@niipmm.tsu.ru,  
телефон: 8-913-852-25-32.  
Адрес: Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36.

Ю.Ф. Христенко

Подпись Христенко Юрия Федоровича заверяю

*Ученый секретарь НИИ ПММ*



*И.В. Буякин*  
12.04.2016