

Отзыв

на автореферат диссертации Лаврука Сергея Андреевича «Математическое моделирование процессов плавления и детонационного горения ультрадисперсных частиц металлов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Выбор темы диссертации представляется актуальным и обоснованным. Действительно, ультрадисперсные частицы находят широкое применение в различных технологических процессах и при создании новых материалов. При этом особый интерес вызывает их использование для модификации высокоэнергетических материалов, применяемых в ракетно-космической отрасли. Исследования твердых ракетных топлив с добавками наноалюминия были начаты в СССР в 1960-х годах и в настоящее время активно проводятся в развитых странах мира, что соответствует современным тенденциям повышения энергоэффективности твердых топлив. Важно отметить, что теоретическое обеспечение этих исследований зачастую базируется на классических представлениях термодинамики и теплопередачи без учета специфики физических явлений, происходящих в масштабах наноразмеров. В этой связи приобретают особую ценность результаты рецензируемой диссертационной работы, в которой с использованием методов молекулярной динамики проведено изучение масштабных эффектов, связанных с соизмеримостью количеств атомов на поверхности и внутри частицы, при исследовании фазовых переходов. Это обеспечило возможность получить данные о теплофизических свойствах отдельных наночастиц, именно, о теплоемкости и теплопроводности, и отслеживать динамику поведения этих параметров в процессах фазовых переходов.

В диссертационной работе с использованием современных методов вычислительной математики получен ряд новых значимых научных результатов. Это относится к определению методами молекулярной динамики численных характеристик плавления и кристаллизации наночастиц ряда металлов (золота, железа и алюминия). Обнаружено, что расчеты времени плавления наночастиц алюминия и золота нечувствительны к способу задания величины коэффициента теплоемкости: в виде постоянного значения, характерного для массивного образца, или зависящего от размера частицы. Изучены характеристики волновых картин докритического, критического и закритического режимов распространения детонации в расширяющихся каналах. При этом установлены различия режимов распространения в микронных (порядка 3 мкм) и субмикронных (порядка 300 нм) газовзвесах, обусловленные как эффектами отличия параметров тепловой и скоростной релаксации, так и эффектами различия кинетических механизмов горения частиц алюминия микрометрового и нанометрового размеров. На основе численных расчетов сформулированы критерии изменения режимов детонации для смесей с микронными и субмикронными частицами алюминия при вариации геометрических параметров расширяющихся каналов. Полученные результаты наряду с научным значением имеют также практическое значение в связи с технологическими исследованиями процессов детонационного горения металлических газовзвесей.

Реферат диссертации изложен в целом технически грамотным и логичным языком, однако по нему можно сделать ряд замечаний.

1. На С.4 использован малоупотребительный термин «нанометровой дисперсности»,
2. на С.8 в ф-ле (2) введен коэффициент бета, ранее использованный в другом значении на С.7 в ф-ле (1),
3. на С.9 и далее упомянут «феноменологический подход», который желательно хотя бы кратко пояснить,

4. на С.13 упомянут переход от закона горения частиц алюминия d_2 к закону $d_0.3$. Следовало бы указать, при каких значениях диаметра был осуществлен переход и как проводился расчет в промежуточной области размеров частиц.

Сделанные замечания не снижают высокую оценку диссертационной работы в целом, которую можно сделать на основе чтения автореферата и ознакомления со списком авторских публикаций. Можно полагать, что некоторые замечания имеют объяснения в развернутом изложении результатов в рамках самой диссертации. Достоверность полученных результатов довольно хорошо обоснована за счет использования признанных физических моделей и корректного математического аппарата, а также путем сопоставления с данными других авторов. Следует, однако, признать, что дополнительное обоснование достоверности результатов (С.5) за счет «валидации по экспериментальным данным» является ошибочным суждением. Об этом подробно говорил в лекции на 5 съезде механиков (Алма-Ата, 1981) генерал С.М. Белоцерковский, который категорически утверждал, что достоверность теоретических построений проверяется и доказывается только в рамках теории.

Диссертационная работа «Математическое моделирование процессов плавления и детонационного горения ультрадисперсных частиц металлов» является законченным научным исследованием и содержит новые научные и практически значимые результаты, полученные в значительном объеме и с использованием современных методов математического моделирования. Работа соответствует требованиям, сформулированным в Постановлении Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" с изменениями и дополнениями от 30 июля 2014 г., 21 апреля, 2 августа 2016 г., 29 мая, 28 августа 2017 г. и 1 октября 2018 г.

Соискатель Лаврук Сергей Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Зарко Владимир Егорович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись

Дата 01.03.2021

Зарко Владимир Егорович, проф., д.ф.-м.н. (01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества)

Телефон: 8(913)397-21-84, E-mail: zarko@kinetics.nsc.ru

Должность: главный научный сотрудник. Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СО РАН). 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3. <http://www.kinetics.nsc.ru>

Подпись

Зам. д

к.х.н.

С.В. Валиулин