

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Стамова Любена Ивановича «Математическое моделирование неравновесных процессов детонации и горения, а также переходных режимов на многопроцессорных ЭВМ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертация Л.И. Стамова посвящена исследованию неравновесных нестационарных процессов детонации и переходных режимов, возникающих в результате отражения и фокусировки ударных волн в химически реагирующей газовой смеси, с помощью специального разработанного программного пакета.

Актуальность работы обусловлена тем, что процессы горения и детонации горючих смесей играют важную роль для развития технологий в интересах современного общества. Одним из таких направлений является создание перспективных двигательных установок, основанных на детонационном сжигании топлива, которое является более эффективным по отношению к используемому в настоящее время дефлаграционному режиму горения. Одной из возникающих при этом задач, является инициирование детонации с минимальными затратами энергии, для чего могут быть использованы области сложной геометрии, содержащие, к примеру, специальные вставки в форме клина или конуса. Другим направлением применения результатов является оценка пожаро- и взрывобезопасности, когда уже появляется задача подавления детонации. В данном случае важно установить пределы появления детонации, которая может возникнуть при фокусировке ударных волн, либо найти способы ее нейтрализации.

В работе проведено исследование процессов, протекающих в результате отражения и фокусировки ударных волн в химически реагирующей газовой смеси на основе разработанной трехмерной модели нестационарного горения гомогенной многокомпонентной газовой смеси.

Данная модель основана на законах сохранения массы, импульса и энергии с учетом химических реакций и подсеточных моделей турбулентности. В качестве вычислительных схем были рассмотрены конечно-объемные методы 2-го и 3-го порядков точности по пространству и времени на регулярной кубической сетке. Интегрирование жесткой системы кинетических уравнений осуществлялось с помощью метода типа Розенброка 4-го порядка точности. Для ускорения проведения вычислений были использованы технологии параллельного программирования OpenMP и CUDA.

В работе была создана математическая модель, позволяющая описывать переходные процессы в химически реагирующей газовой смеси в трехмерной постановке. Была разработана соответствующая численная реализация, позволяющая производить расчеты на многоядерных системах и графических сопроцессорах. Проведено исследование процессов перехода горения в детонацию при отражении ударной волны от внутренней поверхности клина. Показано, что возможно воспламенение смеси в вершине клина и возникновение волны горения, которая, двигаясь в след за отраженной ударной волной, ускоряется в результате турбулизации и приводит к возникновению детонации. Показано наличие нескольких различных сценариев, возникающих при отражении ударной волны в химически реагирующем газе от внутренней поверхности клина или конуса. При слабой интенсивности падающей волны отражение и фокусировка не приводят к зажиганию горючей смеси, при сильной падающей волне ее отражение и фокусировка приводят к возникновению детонации в вершине вставки, а при падающей волне промежуточной интенсивности возможно возникновение перехода горения в детонацию в результате воспламенения смеси в вершине вставки. На основании сравнения результатов расчетов с данными экспериментов проведена валидация трехмерного вычислительного комплекса и корректировка разработанной модели химической кинетики.

Основные результаты данной работы получены Л.И. Стамовым впервые и самостоятельно. В процессе работы над диссертацией Л.И. Стамов проявил себя как грамотный, трудолюбивый и высококвалифицированный исследователь. Продемонстрировал высокий уровень владения численными методами решения задач физико-химической газовой динамики. Основные результаты по данной работе опубликованы в 40 печатных изданиях, 12 из которых включены в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на основании созданных диссертантом программных кодов получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты исследований были доложены на множестве международных и российских научных мероприятий.

Диссертационная работа Л.И. Стамова «Математическое моделирование неравновесных процессов детонации и горения, а также переходных режимов на многопроцессорных ЭВМ» отвечает всем требованиям Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Научный руководитель,
заведующий лабораторией волновых процессов
механико-математического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова,
д.ф.-м.н., профессор


Н.Н. Смирнов

Отзыв составлен:

«10» декабря 2020 г.

Подпись Н.Н. Смирнова заверяю

