

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук,
профессора Василия Александровича Кудинова
на диссертационную работу Филиппова Глеба Сергеевича
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛУЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ ОТ СЛОЖНОГО
ИЗЛУЧАТЕЛЯ»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа
и плазмы».

Диссертационная работа Филиппова Г.С. посвящена решению важной научной проблемы, затрагивающей разные дисциплины и области научного знания. Область исследованных вопросов распространяется на проблемы моделирования теплового излучения различных поверхностей.

Работа Филиппова Г.С. носит широкий прикладной характер, так как может быть применена к расчёту различных устройств в области теплотехники и авиационном двигателестроении.

Большое внимание в диссертации уделено численным экспериментальным исследованиям и проверке расчётных результатов расчёта пространственного распределения тепловой энергии.

Актуальность темы исследований определяется большим научным и практическим интересом к проблемам расчёта теплообмена и моделированию распространения теплового излучения.

Правильный расчёт температуры излучающей поверхности ключевым образом сказывается на последующем расчёте теплового излучения. Актуальность определения пространственной характеристики излучения определяется необходимостью проведения расчётов широкого круга устройств или излучателей различного назначения: от бытового до космического. Задача расчёта поверхностей, имеющих форму, которая не может быть описана аналитическими уравнениями, является сложной и требует привлечения больших вычислительных ресурсов.

Главной целью рассматриваемой работы является:

- -разработка математической и численной модели для эффективного решения задачи расчёта распределения лучистых потоков в пространстве от диффузно отражающих поверхностей методом Монте-

Карло, алгоритм расчёта распределения теплового излучения и его программную реализацию;

- анализ полученных результатов в рамках разработанной модели с учётом численного моделирования задачи о пространственном распределении энергии от сложного излучателя.

Основные научные результаты. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и приложения. Изложена на 139 страницах, содержит 82 рисунка, 9 таблиц и список использованных источников, включающий 113 наименования.

Во введении автор определяет область и цели исследований, проводит обзор существующих методов и программных комплексов, предназначенных для моделирования ИК излучения ЛА и распределения тепловой энергии в пространстве. В данной части работы обосновывается научная новизна работы.

Первая глава имеет обзорный и компилятивный характер, она содержит описание взаимодействия ИК излучения с различными средами.

Вторая глава посвящена разработке алгоритма расчёта элементов внутренней поверхности ДУ ЛА. Приводится подробное описание модели и алгоритма расчёта, проводятся численные эксперименты различных конфигураций и моделей турбины и центрального тела ДУ с учётом модели сопла, анализ их влияния на индикатрису ДУ ЛА.

В третьей главе представлена модель прямого излучения всех излучающих элементов внутренней поверхности ДУ ЛА. Подробно описывается алгоритм расчёта отражённого излучения.

Автором проводится экспериментальная проверка модели и программной реализации, для этого приводятся результаты расчёта тарельчатого излучателя, расчётное распределение излучения которого сравнивается с результатами светового эксперимента.

В работе произведено моделирование излучения ДУ АЛ-31Ф в ИК диапазоне. Используя разработанное ПО, автор предложил и исследовал на эффективность устройство, снижающее интенсивность излучения в радиальных направлениях для ДУ АЛ-31Ф. Приводятся результаты численных экспериментов и рассчитывается их эффективность.

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается использованием фундаментальных положений теории переноса лучистой энергии, экспериментальной проверкой разработанной модели, про-

веркой пакетов прикладных программ для перечисленных выше случаев, проведением вычислительных экспериментов с целью получения пространственного распределения лучистой энергии от сложного излучателя, а также проведения анализа полученных результатов и оценки точности используемой модели.

Новизна полученных в диссертации результатов.

Программные комплексы, решающие подобные задачи с помощью метода Монте Карло, известны как за рубежом, так и в России. Однако зарубежные программные комплексы недоступны для российских исследователей, а российские – не предназначены для передачи (работают только в руках разработчиков) и также недоступны. Автором впервые разработано программное обеспечение, доступное для российских исследователей и разработчиков, имеющее дружественный интерфейс и описывающее распределение потока лучистой энергии от сложного твердотельного поверхностного теплового излучателя произвольной формы, с возможностью учёта распределения по поверхностям любых локальных спектрально-угловых зависимостей излучения и рассеяния (в т.ч. зеркального, диффузного рассеяния, различных значений степени черноты), верифицированное и валидированное сопоставлением с теоретическими, экспериментальными и расчётными данными. Учтены реальные оптические и теплофизические свойства излучающих поверхностей (характер отражения, степень черноты) для каждой точки разбиения. Разработаны вычислительные алгоритмы для диффузно отражающих поверхностей, оптимизированные с целью использования их на ЭВМ средней мощности. Проведены обширные вычислительные эксперименты, в результате которых получены индикатрисы отдельных элементов двигательной установки. Произведен анализ влияния этих элементов и их характеристик на общую индикатрису.

Эффективность программы продемонстрирована на анализе впервые предложенного экранного устройства для снижения интенсивности ИК излучения и его эффективности. Предложенное устройство позволило снизить уровень ИК излучения более чем на порядок величины в 90% телесного угла задней полусферы.

Практическая значимость полученных в диссертации результатов. Разработанные пакеты прикладных программ расчёта индикатрисы инфракрасного излучения внутренней поверхности сопла двигательной установки летательного аппарата методом Монте-Карло могут быть использо-

ваны при расчётах проектируемых и существующих ДУ для определения их оптимальных характеристик. Предложенное программное обеспечение может найти применение в исследовании на предпочтительную с точки зрения заметности средствами обнаружения форму и конфигурацию элементов турбины, центрального тела и внутренней поверхности соплового аппарата. Созданная методика может быть использована для уточнённого расчёта охлаждения отдельных элементов, вносящих наибольший вклад в индикатрису. Предложенный метод расчёта может позволить сократить сроки разработки новых ДУ, снизить затраты на экспериментальное определение их ИК излучения и разработку в целом.

Апробация положений диссертации. Изложенные в диссертации положения докладывались и получили одобрение на научно-практических Международных и Всероссийских форумах, конференциях и семинарах. По теме диссертации автором опубликовано 5 научных работ, в издательствах МАИ, СГАУ, «Научно-технический вестник Поволжья», опубликовано 14 тезисов докладов Международных и Всероссийских конференций; получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, дает представление о целях и задачах, решаемых в диссертации, а также об основных положениях и результатах работы. Диссертация написана понятным языком и хорошо структурирована.

Автореферат в представленном виде правильно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертации.

1. При обзоре актуальных исследований в области расчёта индикатрисы от сложного излучателя мало внимания было уделено отечественным наработкам в области математического моделирования переноса излучения.
2. В работе автор не рассматривает внутренние детали сопла, такие как стабилизаторы, завихрители и т.д., что делает модель менее точной.
3. Существуют небольшие ошибки в оформлении текста диссертации и рисунков, а также нумерации списка литературы.

