

International research and practice conference «Science, Technology and Higher Education». – Westwood, 2014. – P. 323-329.

[3] **Ярин Л.П., Сухов Г.С.** Основы теории горения двухфазных сред. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987.

[4] **Основы практической теории горения.** Под ред. В.В. Померанцева. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Л.: Энергия, 1973 г.

[5] **Вулис Л.А., Ярин Л.П.** Аэродинамика факела. Л.: Энергия, 1978.

[6] **Хитрин Л.Н.** Физика горения и взрыва.- М.: Изд.-во МГУ, 1957.

[7] **Оспанова Ш.С., Мукашева Г.К., Турсынбаева А.Е., Алматов Қ.Е.** Зымырандық техникада қолданылатын авиациялық отынның қысымға қатысты жану процесін компьютерлік зерттеу // Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2015. – 140 с.

Алматов К.Е., Махмутов Р.А., Марданов С.Н., Маратулы Д., Оспанова Ш.С.

#### **Компьютерное моделирование процесса горения авиационного топлива в зависимости от давления используемого в ракетной технике**

**Аннотация.** В настоящее время многие тепловые расчеты основаны на цифровой опыт. Соответственно, используя передовые компьютерные технологий, требующие недорогой цифровой опыт и на основе системы дифференциальных уравнений, описывающих процессы тепло- и массообмена в камере сгорания будет возможность развивать новые технологии. В настоящее время изучение сгорания авиационного топлива, используемого в ракетной технике является одним из ключевых проектов. В этой статье показаны основные особенности сгорания и расчеты компьютерного моделирования топлив октана и синтина.

**Ключевые слова:** давления, впрыск, ракетная техника, авиационная топливо.

Almatov K.E., Mahmutov R.A., Mardanov S.N., Maratuly D., Ospanova S.S.

#### **Computer modeling of the combustion of aviation fuels, depending on the pressure used in rocketry**

**Summary.** At present, many heat calculations based on digital experience. Accordingly, the use of advanced computer technology, requiring a low-cost digital experience and on the basis of a system of differential equations describing the heat and mass transfer processes in the combustion chamber will be able to develop new technologies. In the current study the combustion of aviation fuel used in rocket technology is one of the key projects. This article shows the main features of combustion and computer modeling calculations octane fuels and syntin.

**Key words.** Pressure, injection, rocketry, aviation fuel

УДК 536.247.6

**Б. Б. Ораков, Б. Ш. Опаханов, А. А. Куйкабаева**  
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби)  
Алматы, Республика Казахстан  
[bakhytzhanebolatov@mail.ru](mailto:bakhytzhanebolatov@mail.ru)

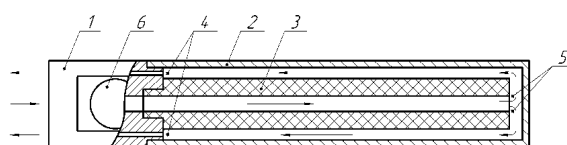
#### **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО – РАЗНОСТНЫЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА**

**Аннотация.** Во многих интенсивно развивающихся отраслях науки и техники прогресс зависит от решения проблемы прикладной теплотерии — измерения локальных плотностей тепловых потоков на поверхностях объектов исследования, контроля или управления. В частности, это теплоэнергетика, тепловые двигатели, металлургия, электроника, ракеты и космические летательные аппараты, медицина, биология, теплоизмерительные приборы различного назначения: приемники теплового излучения, измерители тепловых потерь промышленных и жилых объектов, теплофизических характеристик материалов. В настоящее время разрабатываются и широко используются для прикладной тепло метрии различного типа приемники тепловых потоков (в дальнейшем изложении — плотностей тепловых потоков), которые, как правило, представляют собой автономные достаточно миниатюрные устройства с одномерным теплопереносом, а в некоторых вариантах при упрощающих допущениях — одноемкостное.

**Ключевые слова:** теплотерия, тепловой поток, теплоизмерительный прибор.

При разработке методов нестационарной теплотерии усложняющим обстоятельством является разнообразие плотностей тепловых потоков по типам и разновидностям конструкций, тепловых и измерительных схем и, что весьма важно, по виду математических моделей теплопереноса в плотностей тепловых потоков. Математических моделей теплопереноса должны адекватно описывать процессы в плотностей тепловых потоков с учетом всех значимых особенностей: наличия элементов

из разнородных материалов, армирующих и защитных слоев, контактных тепловых сопротивлений, воздушных зазоров и др.; зависимость теплофизических характеристик материалов от температуры и другие нелинейности; различные граничные условия на тыльной поверхности плотностей тепловых потоков и т.д.[1]. Математических моделей теплопереноса должен соответствовать метод решения прямой задачи теплопроводности, обладающий приемлемой точностью и вычислительной эффективностью. Кроме того, желательна общность как вида самих математических моделей теплопереноса, так и их программного обеспечения по отношению к различным видам плотностей тепловых потоков. Предварительный анализ показал, что подобным требованиям удовлетворяют дифференциально-разностные модели. Однако доказательство общности дифференциально-разностные модели для всех известных разновидностей плотностей тепловых потоков, а также возможности использования их для получения динамических характеристик последних требует проведения соответствующих исследований. Цель работы и задачи исследований.[2]. Целью работы является создание общей, по отношению к различным типам плотностей тепловых потоков и условиям измерений, методологии нестационарной теплотметрии пригодной для использования в теплоизмерительных системах реального времени, а также экспериментальная проверка и использование этой методологии при комплексных исследованиях сложных теплогазодинамических процессов. Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие основные научные задачи. Разработаны общие для плотностей тепловых потоков различных типов: метод моделирования динамики теплопереноса в плотностей тепловых потоков, позволяющий решать как прямые, так и обратные задачи теплопроводности; метод восстановления плотности входящего теплового потока  $q(x)$  путем решения в реальном времени обратной задачи теплопроводности; метод, позволяющий оценить погрешности восстановления теплового потока  $d(\tau)$ . Экспериментально подтверждены предложенные методы и обеспечено использование их при исследованиях с целью энерго - ресурсосбережения высокотемпературных технологических процессов, в частности, с использованием техники псевдооживления.[2]. И рассмотрены методы и устройства для исследования процессов теплообмена и качества псевдооживления в высокотемпературных промышленных установках. Известно, что эффективность промышленных установок, использующих технику псевдооживления, во многом зависит от таких параметров, как температура, тепловой поток и коэффициент теплоотдачи. Как правило, при штатном ходе процесса необходимо знать только их средние значения. Вместе с этим, для стабилизации процесса, например, при изменении дисперсности или влажности сырья и др., возникает необходимость определения мгновенных значений. Такая же необходимость возникает и при исследованиях, направленных на повышение эффективности и более рационального управления процессом. В главе рассмотрены как методы и устройства для определения основных параметров, так и способы управления процессами. Для измерения температуры и теплового потока, меняющихся во времени по произвольному закону, используются высокотемпературные (~800 °С) ПТП (ВПТП) с платиновыми чувствительными элементами, которые получены вжиганием в корундовую подложку платинокерамической пасты. Разработаны, изготовлены и проградуированы две модификации ВПТП – с защитной фольгой и без нее, с одним или двумя чувствительными элементами на поверхностях.[3]. Перед началом экспериментов на высокотемпературных промышленных установках определены возможности разработанных ВПТП, а именно: получены передаточные функции ВПТП и динамические характеристики (переходная, импульсная, амплитудно- и фазочастотные). Численное моделирование процессов теплообмена в ВПТП позволило восстановить плотность теплового потока  $q(\tau)$  при различном характере воздействий  $t(\tau)$  (скачкообразном, периодическом, импульсном и произвольном) и уровне шумов в измерениях температуры  $t_1(\tau)$ .[3].



**Рис. 1.** Устройство зонда для исследования теплообмена:  
 1 – корпус; 2 – стакан; 3 – подающая трубка; 4, 5 – спай термобатарей на входе и выходе соответственно; 6 – высокотемпературный ПТП (ВПТП).

Использовались как автономные ВПТП, так и смонтированные на водоохлаждаемых зондах (рис. 1). Зонд предназначен для определения как средних, так и мгновенных значений температур, тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи. Он представляет собой комбинацию калориметра 1 и ВПТП 6. Средние значения параметров определялись из уравнения теплового баланса для калориметра 1. Мгновенные значения определялись с помощью ВПТП путем решения ОЗТ. В главе, кроме того, рассмотрены комбинированные водоохлаждаемые зонды для измерения пульсаций теплового потока, а также порозности и уровня дисперсного материала. В ряде случаев необходимо отдельно определить конвективную и радиационную составляющие теплового потока. В работе предложен и исследован динамический метод отдельного определения указанных составляющих по измерениям температуры поверхности ВПТП.[4]. Для восстановления суммарной плотности теплового потока использовался алгоритм фильтра Калмана по искомым параметрам, рассмотренный в третьей главе. Приведены результаты экспериментальных исследований процесса обжига пирита в псевдоожигенном слое. В главе предложены способы количественной оценки качества псевдоожигения в этом процессе. На основании исследований, выполненных на лабораторных и промышленных установках, предложено определять качество псевдоожигения  $\xi$  по зависимости  $\xi = (1 - \varepsilon) \sqrt{f_T \cdot f_\varepsilon}$ , где  $\varepsilon$  – порозность слоя;  $f_T$  и  $f_\varepsilon$  – частоты пульсаций температуры и порозности. Однако дальнейшие исследования показали, что непосредственный контроль процесса перемешивания в промышленных установках затруднителен.[5]. Поэтому, в качестве измеряемой величины были выбраны пульсации температуры на теплоотдающей (теповоспринимающей) поверхности, омываемой псевдоожигенным слоем. При этом для определения параметра качества  $\chi$  предложена зависимость  $\chi = \frac{A_2 \cdot f_2}{A_1 \cdot f_1}$ , где  $A_1$  и  $A_2$  – амплитуды, а  $f_1$  и  $f_2$  – частоты колебаний температуры поверхности, обусловленные перемешиванием дисперсного материала и гравитационными колебаниями слоя. Разработанные методы, приборы и устройства использовались для диагностики, управления и экспериментальных исследований на промышленных установках с псевдоожигенным слоем с целью повышения их эффективности и надежности. В качестве примера рассмотрены три процесса: сжигание низкосортного топлива (сланец, бурый уголь и др.), обжиг и сушка дисперсных материалов.[4]. В ходе работ решались следующие задачи: оценка работоспособности созданных измерительных устройств в промышленных условиях; проверка предложенных способов оценки качества псевдоожигения на высокотемпературных промышленных аппаратах; исследование характеристик внешней теплоотдачи в крупномасштабных аппаратах; исследование возможности создания системы эффективного контроля и управления технологическими процессами. Кратко остановимся на основных новых результатах, полученных при исследованиях указанных процессов.[5].

Наиболее значимыми являются следующие результаты.

1. На основе дифференциально-разностных моделей теплопереноса для различных типов плотностей тепловых потоков предложен и обоснован общий метод моделирования динамики теплопереноса в них с приемлемым уровнем точности и быстродействия, позволяющий решать как прямые, так и обратные задачи теплопроводности.

2. Предложен общий для различных типов плотностей тепловых потоков с линейным и нелинейным теплопереносом метод комплексного исследования их динамических характеристик на основе дифференциально-разностных моделей и методов пространства состояний.

3. Предложен и обоснован общий для различных типов плотностей тепловых потоков с линейным и нелинейным теплопереносом метод восстановления плотности входящего теплового потока пригодный для использования в теплоизмерительных системах реального времени. Метод заключается в параметрической идентификации дифференциально-разностных моделей с помощью алгоритма оптимального цифрового фильтра Калмана (ФК). Предложены и исследованы две разновидности алгоритма ФК, обеспечивающие устойчивую сходимость и точность решения граничных и комбинированных линейных и нелинейных обратных задач теплопроводности.

4. Разработаны и созданы низкотемпературные (~100 °С) и высокотемпературные (~800 °С) плотностей тепловых потоков, которые использовались для исследования теплообмена в различных энергоемких технологических процессах.[6].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алифанов О.М. Диагностика и идентификация процессов теплообмена. -В кн.: Теплообмен-УП.Проблемные докл. VII Всесоюз.конф. по теплообмену.ч.2.//Минск,1985.-С.117-127.
- [2] Алексахин А.А., Ена С.В. Влияние погрешностей в измерении температур на точность определения граничных условий теплообмена//ИФЖ,1989,Т.56,№3. -С.400^403.
- [3] Беспалов А.М., Жданов В.В., Майоров А.И., Плешакова Л.А. Погрешность из-за неоднородности теплопереноса в тонкой стенке //ИФЖ,1980,Т.39,№2. -С.246-249.
- [4] **Герашенко** О.А., Черинько В.Н. Коррекция инерционности датчиков теплового потока по методу Дородницына// Теплофизика и теплотехника, 1979, вып. 37.-С. 12-15.
- [5] Квасов Е.Е., Костин А.К. и др. Исследование теплового потока в головку цилиндров при пуске быстроходных дизелей // Двигателестроение, 1979, N4.-С. 5-7.
- [6] Максимов Е.Н., Страдомский М.В. Измерение теплового потока в деталях тепловых двигателей с периодическими повторяющимися циклами. // Пром. теплотехника, 1979, Т.1.

Б.Б. Ораков, Б.Ш. Опаханов, А.А. Куйкабаева

**Дифференциально – разностные модели теплопереноса**

**Реферат.** Основные результаты работы, к следующему: разработаны методы и созданы устройства для исследования внешнего теплообмена в высокотемпературных псевдооживленных системах. Устройства позволяют измерять как средние за определенный промежуток времени, так и мгновенные значение потока и основных параметров. В последнем случае составлена модель и топология чувствительного элемента, установлены динамические характеристики конкретных плотностей тепловых потоков, используемых для исследования псевдооживленных систем. В целом можно констатировать, что достигнута поставленная цель – создана общая по отношению к различным типам плотностей тепловых потоков и условиям измерений методология нестационарной теплотметрии, пригодная для использования в теплоизмерительных системах реального времени и основанная на параметрической идентификации дифференциально-разностных моделей теплопереноса в плотностей тепловых потоков. Она позволила получить новые результаты, в частности, при экспериментальных исследованиях сложных теплогазодинамических процессов на промышленных установках.

**Ключевые слова:**тепловой поток, теплоизмерительный прибор,псевдооживленных.

B. Orakov, B. Opakhanov, A. Kuikabaeva

**Differential – difference model of heat transmission**

**Summary.** The main results of the work , the following : development of methods and devices designed for the study of the external heat transfer in high-temperature fluidized systems. The devices allow you to measure as the average over a period of time and instantaneous flow value and basic parameters . In the latter case, the model is made , and the sensor topology , set the dynamic characteristics of the specific heat flux density used for the study of fluidized systems. In general we can say that reached the goal - established common with respect to various types of heat flux density and measurement conditions methodology unsteady teplometrii suitable for use in heat-measuring systems, real-time and based on parametric identification of differential-difference models of heat transfer in the heat flux density. It is possible to obtain new results, in particular, in experimental studies of complex gazdynamic and heat exchange processes in industrial plants.

Keywords: heatmetry, heat flow, heat-measuring device, one capacitor, fluidized.

УДК 532.325.7

**Р. А. Махмутов, С. Н. Марданов, Д. Маратулы, К. Е. Алматов, А. А. Куйкабаева**  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Алматы, Қазақстан Республикасы,

**ЖАНУ КАМЕРАСЫНА СҰЙЫҚ ОТЫНДЫ ӘР ТҮРЛІ БҮРКУ МӘНДЕРІНДЕГІ ЖАНУ  
ПРОЦЕСІН СТОХАСТТЫ ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Әр сұйық отын, кез келген сұйық зат секілді берілген температурада оның беті белгілі бір бу қысымына ие болады және ол температура жоғарылаған сайын үлкейе береді.Еркін беті бар сұйық отынды жандырған кезде кеңістікте қамтылған бу алау күйінде жанады. Сол алау жылуының әсерінен булану күрт жоғарылайды. Алау мен сұйық айнасы арасындағы тұрақталған жылуалмасу режимінде буланған және сәйкесінше жанған отын саны максималды мәнге жетеді және ары қарай уақыт бойынша тұрақты болып қала береді. Тәжірибелерден белгілі, еркін беті бар сұйық отынды жандыру бу фазасында өтеді; алау сұйық бетінен белгілі бір қашықтықта орналасады және алауды сұйық отынды тигель шетінен бөліп тұратын қараңғы жолақ