bounded body is determined by solving the heat conduction problem with the aid of integral Fourier and Hankel transforms. It is assumed that the energy distribution over the beam cross section is a Gaussian distribution, and that the radiation absorption is governed by the Bouguer law. V.P.

A74-45214 **Numerical methods for the design of advanced industrial equipment (Méthodes numériques pour le projet d'appareillages industriels avancés).** S. Albertoni (Pavia, Università, Pavia; ARS S.p.A., Milan, Italy). In: Computing methods in applied sciences and engineering; Proceedings of the International Symposium, Versailles, France, December 17-21, 1973. Part 1. (A74-45201 23-32) Berlin and New York, Springer-Verlag, 1974, p. 366-391. 8 refs. In French. Research supported by the Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare.

Mathematical models are presented for (1) thermal control of a polymerization reactor, (2) an ultracentrifuge, and (3) a load distributor in a heat exchanger. Numerical computations performed on these models resulted in design curves describing the processes in these pieces of equipment in terms of their main parameters. P.T.H.

A74-45255 # **Transient heat conduction in anisotropic solids. I - Fundamental theory.** K. Katayama (Tokyo Institute of Technology, Meguro, Japan), A. Saito (Yamanashi, University, Kofu City, Japan), Y. Kodama (Hitachi, Ltd., Tokyo, Japan), and N. Kobayashi. *JSME, Bulletin*, vol. 17, Aug. 1974, p. 1073-1080. 7 refs.

Theoretical investigation and experimental corroboration of the applicability of the finite difference method to transient two-dimensional heat conduction problems in orthotropic solids. The results include the finding that transient temperature responses in experiments using multi-crystalline carbon show good agreement with problem solutions obtained by the finite difference approach described. M.V.E.

A74-45355 # **Determination of the thermophysical characteristics of solid materials by electrical modelling of the solutions to the inverse problems in nonsteady heat conduction (Opredelenie teplofizicheskikh kharakteristik tverdykh veshchestv elektromodelirovaniem reshenii inversnykh zadach nestatsionarnoi teploprovodnosti).** L. A. Kozdoba and F. A. Krivoshei. In: Thermophysical properties of solid materials. (A74-45352 23-18) Moscow, Izdatel'stvo Nauka, 1973, p. 28-31. 9 refs. In Russian.

A74-45356 # **Generalization and substantiation of some methods of determining thermophysical characteristics (Obobshchenie i obosnovanie nekotorykh metodov opredeleniia teplofizicheskikh kharakteristik).** A. G. Shashkov, V. P. Kozlov, and G. M. Volokhov. In: Thermophysical properties of solid materials. (A74-45352 23-18) Moscow, Izdatel'stvo Nauka, 1973, p. 31-44. 6 refs. In Russian.

Several analytical methods of determining thermophysical characteristics are generalized, and new two-dimensional methods for calculating thermophysical coefficients under steady, regular (heating at a constant rate), and quasi-steady conditions are proposed. The accuracy within which the thermophysical characteristics of media with constant and variable temperature can be determined is assessed on the basis of rigorous solutions to two-dimensional and multilayer heat-conduction problems. V.P.

A74-45384 * # **Advanced Rankine and Brayton cycle power systems - Materials needs and opportunities.** S. J. Grisaffe and D. C. Guentert (NASA, Lewis Research Center, Cleveland, Ohio). *American Society for Metals, Materials for Power Systems Meeting, Seven Springs, Pa., June 17-19, 1974, Paper.* 26 p. 10 refs.

Conceptual advanced potassium Rankine and closed Brayton power conversion cycles offer the potential for improved efficiency over steam systems through higher operating temperatures. However, for utility service of at least 100,000 hours, materials technology advances will be needed for such high temperature systems. Improved alloys and surface protection must be developed and demonstrated to resist coal combustion gases as well as potassium corrosion or helium surface degradation at high temperatures. Extensions in fabrication technology are necessary to produce large components of high temperature alloys. Long-time property data must be obtained under environments of interest to assure high component reliability. (Author)

A74-45386 * # **Conformal mapping technique for two-dimensional porous media and jet impingement heat transfer.** R. Siegel (NASA, Lewis Research Center, Cleveland, Ohio). *International Heat Transfer Conference, 5th, Tokyo, Japan, Sept. 3-7, 1974, Paper.* 5 p. 7 refs.

Transpiration cooling and liquid metals both provide highly effective heat transfer. Using Darcy's law in porous media and the inviscid approximation for liquid metals, the local fluid velocity in these flows equals the gradient of a potential. The energy equation and flow region are simplified when transformed into potential plane coordinates. In these coordinates, the present problems are reduced to heat conduction solutions which are mapped into the physical geometry. Results are obtained for a porous region with simultaneously prescribed surface temperature and heat flux, heat transfer in a two-dimensional porous bed, and heat transfer for two liquid metal slot jets impinging on a heated plate. (Author)

A74-45388 * # **Shock tube measurements of specific reaction rates in the branched chain CH4-CO-O2 system.** T. A. Brabbs and R. S. Brokaw (NASA, Lewis Research Center, Cleveland, Ohio). *International Symposium on Combustion, 15th, Tokyo, Japan, Aug. 25-31, 1974, Paper.* 20 p. 18 refs.

Rate constants of two elementary bimolecular reactions involved in the oxidation of methane have been determined by monitoring the exponential growth of CO flame band emission behind incident shocks in three suitably chosen gas mixtures. The data do not support a mechanism which invokes the four center process CH3 + O2 yields CH2O + OH for the reaction of methyl with oxygen. (Author)

A74-45396 # **Application of a variational formulation to the solution of problems in nonsteady heat conduction (Primenenie odnoi variatsionnoi formulirovki dlia resheniia zadach nestatsionarnoi teploprovodnosti).** N. M. Tsirel'man and D. M. Ianbulatov (Ufimskii Aviatsionnyi Institut, Ufa, USSR). *Inzhenerno-Fizicheskii Zhurnal*, vol. 27, July 1974, p. 138-144. 6 refs. In Russian.

A74-45425 # **Mixed boundary-value problem in steady-state heat conduction theory for a half-plane with boundary conditions of the third kind (Smeshannaia kraevaia zadacha statsionarnoi teorii teploprovodnosti dlia poluploskosti s granichnym usloviem tret'ego roda).** B. A. Vasil'ev (Leningradskii Institut Sovetskoi Torgovli, Leningrad, USSR). *Differentsial'nye Uravneniia*, vol. 10, July 1974, p. 1325-1327. In Russian.

A74-45431 **Models of turbulent combustion (Modèles de combustion turbulente).** M. Barrère (ONERA, Châtillon-sous-Bagneux, Hauts-de-Seine, France). *(Revue Générale de Thermique*, Apr. 1974, p. 295-308.) *ONERA, TP* no. 1381, 1974. (p. 295-308) 14 p. 10 refs. In French.

Description of the possible mechanisms of turbulent combustion and of the various models which can represent these phenomena. Three models of combustion are proposed for the case of premixed flames - namely, a model with a furrowed laminar flame front, a model of combustion in packets, and a model in which the turbulence is distributed in the combustion zone. In the case of diffusion flames a packet model and a distributed-turbulence model are proposed. It is shown how these models can be used to study the efficiency of a combustion chamber and to determine its degree of contamination. Finally, the relations existing between turbulent combustion and noises emitted by the flame are indicated. A.B.K.

A74-45432 # **Computational studies of turbulent flows with chemical reaction.** R. Borghi (ONERA, Châtillon-sous-Bagneux, Hauts-de-Seine, France). *(SQUID Working Group on Turbulent Mixing, Meeting, Lafayette, Ind., May 20, 21, 1974.) ONERA, TP* no. 1383, 1974. 17 p. 24 refs.

Research about turbulent mixing of nonreactive flows has progressed recently, particularly in the field of the computational modeling of turbulence. When the turbulent mixing of chemically reactive flows is considered, the time-mean characteristics are also determined by the reaction rates, and since the molecular fluxes are not the only data to be taken into account, the molecular reaction rates must be modified by the fluctuations themselves, especially the temperature and the concentration fluctuations. An analytical basis for an approach to this problem, which is clearly in the line of the methods already proposed for nonreactive flows, is presented. The effects that the fluctuations and their correlations can have on the means reaction rate are discussed and, alternatively, the influence

Последнее может быть осуществлено только в том случае, если производительность фотоэлектрического метода будет значительно выше производительности существующих методов, так как сокращение срока действия свидетельств автоматически влечет за собой увеличение числа поверок.

В связи с этим был разработан полуавтоматический спектрокомпаратор типа ПСК-1, специально предназначенный для оснащения поверочных органов, а не только для выполнения эталонных работ.

При конструировании ПСК-1 были приняты все меры для повышения точности и производительности.

Питание температурных ламп в установке ПСК-1 осуществляется от сети переменного тока с помощью специально разработанных выпрямителей типа СИП-30.

В новом спектрокомпараторе, как и в предыдущем (СПК-3), применен нулевой модуляционный метод, который уже неоднократно описывался. При неравенстве яркостей сравниваемых источников излучения возникающий на фотоприемнике сигнал усиливается и подается на синхронный детектор. После детектора выпрямленное напряжение через катодный повторитель воздействует на стрелочный прибор, указывающий на равенство или неравенство яркостей. На этом сходство электронной системы ПСК-1 с электронной системой установки СПК-3 исчерпывается.

В спектрокомпараторе ПСК-1 сигнал, снимаемый с нагрузки синхронного детектора, параллельно с подачей на нуль-прибор используется для автоматического управления током поверяемой лампы. В результате температура поверяемой лампы автоматически делается равной температуре образцовой лампы.

Для регистрации тока поверяемой лампы применена полуавтоматическая система, состоящая из потенциометра и записывающего прибора. Применение такой системы дает возможность значительно ускорить измерения и повысить их точность, так как позволяет более точно учитывать влияние шумов приемника излучения, суммируя их за длительное время (5—10 *мин*), используя автоматическую запись.

Внедрение описанных приборов значительно облегчит и повысит точность измерения истинных температур при теплофизических исследованиях.

Л. А. КОЗДОБА, Ф. А. КРИВОШЕЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ ЭЛЕКТРОМОДЕЛИРОВАНИЕМ РЕШЕНИЙ ИНВЕРСНЫХ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

A74-45355

Решение инверсной задачи нестационарной теплопроводности — нахождение теплофизических характеристик — сводится к определению коэффициентов λ (теплопроводность) и c_v (удельная объемная теплоемкость), входящих в основное уравнение математической модели явления. Математическая модель в данном случае состоит из нелинейного уравнения нестационарной теплопроводности

$$\operatorname{div}[\lambda(T)\operatorname{grad}T] - c_v(T)\frac{\partial T}{\partial t} = 0, \qquad (1)$$

начального условия и (в общем случае) граничных условий I—IV рода. Поскольку задано экспериментальное температурное поле, можно считать, что в любом случае заданы граничные условия I рода.

Полученное опытным путем температурное поле $T(x_1, x_2, x_3, t)$ является решением уравнения (1), записанного в любой системе координат, при заданных краевых условиях.

Предполагаем, что $\lambda(T)$ и $c_v(T)$ (как истинные, так и эффективные в жидкой и многофазных зонах) непрерывны или «размазаны» (по [1]) и не содержат гармоник высшего порядка.

Установлена корректность задачи по А. Н. Тихонову [2]. Существование решения, т. е. пары функций $\lambda(T)$ и $c_v(T)$, очевидно из физических представлений о явлении нестационарной теплопроводности и теплофизических свойствах веществ при феноменологическом подходе к явлению теплопроводности.

Единственность решения устанавливается следующим образом: 1) показана единственность соотношения искомых функций — $a(T)\lambda(T)/c_v(T)$ 2) путем сведения одномерного уравнения (1) к линейному интегральному уравнению Вольтерра II рода показана единственность одной из искомых функций $\lambda(T)$.

При решении нелинейных задач нестационарной теплопроводности наиболее эффективным по целой серии показателей [3] является метод Либманна [4, 5].

Возможность изменения параметров сетки омических сопротивлений (R-сетки) на каждом шаге решения (неявная разностная схема, дискретно пространство и время) позволяет так подобрать в процессе итерации величины сопротивлений, включающие искомые $\lambda(T)$ и $c_v(T)$, чтобы поле температур, полученное на электромодели (рис. 1), совпало с полем, известным из теплового эксперимента. Подбор параметров, содержащих искомые величины $\lambda(T)$ и $c_v(T)$, ведется, исходя из условия наилучшего описания экспериментальных кривых $T(x_1, x_2, x_3, t)$ уравнением (1). Таким образом, определение температурных зависимостей $\lambda(T)$ и $c_v(T)$ сводится к минимизации величины

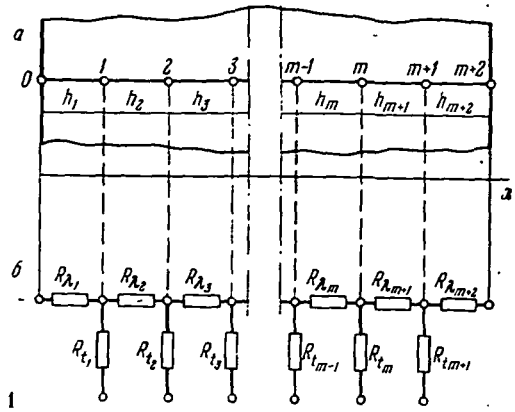
$$\zeta = \sum_{k=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} [T(x_k, t_i)_м - T(x_k, t_i)_э]^2, \qquad (2)$$

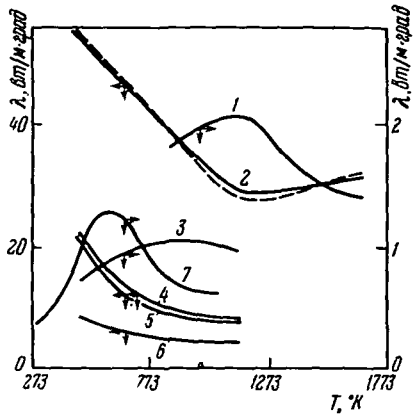
где $k = 1, 2, \ldots, m$ — число экспериментальных точек; $i = 1, 2, \ldots, n$ — фиксированные моменты времени; $T_м$ — решение, полученное на электромодели; $T_э$ — экспериментальные данные. Для простоты условие (2) записано для одномерной задачи.

Величина ζ является критерием оценки качества полученного решения. На каждом шаге решение должно быть тщательно проанализировано с учетом принципа местного влияния [6]. При этом следует учитывать возможность некоторых дополнительных особенностей исследуемого явления, фазовых и структурных превращений, теплоты которых могут быть включены в c_v, конвекции в жидкой фазе и двухфазной зоне и т. п.

Результаты каждой итерации используются для получения величины критерия (2), по которому производится изменение параметров модели. Этот процесс определения λ и c_v может быть автоматизирован как при решении на аналоговых, так и на цифровых вычислительных машинах.

Описанным методом были определены зависимости $\lambda(T)$ и $c_v(T)$ ряда веществ. На рис. 2, 3 (кривые *2*) показаны зависимости $\lambda(T)$ и $c_v(T)$ для углеродистой стали 08. Эта задача являлась контрольной, т. е. в качестве экспериментальных данных были взяты результаты решения на электромодели прямой задачи, когда $\lambda(T)$ и $c_v(T)$ заданы по [7]. Результаты решения контрольной инверсной задачи (расхождения с данными [7] составили 5% по λ и 7% по c_v при шагах $h = 0{,}01$ *м* и $\delta t = 1$ *сек*) показали, что методика моделирования дает вполне удовлетворительные результаты. Электромодель позволила исследовать влияние величин пространственных, временных интервалов и ошибок тепловых опытов на точность решения инверсной задачи. Характерные зависимости $\lambda(T)$ и $c_v(T)$





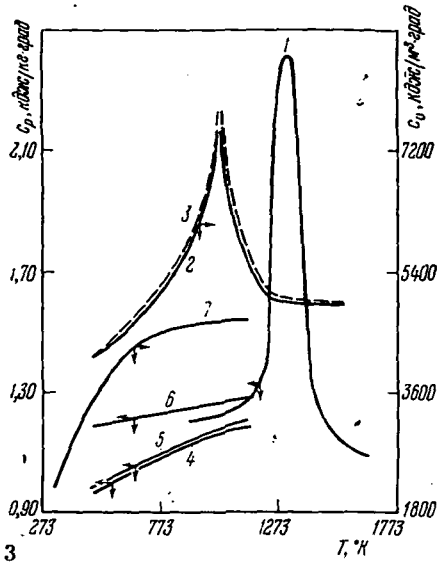


Рис. 1. Элемент исследуемого образца (одномерный случай) (а) и его электрическая модель (б)

Рис. 2. Зависимость истинного $\lambda(T)$ и эффективного $\lambda_{эф}$ коэффициента теплопроводности от температуры

1 — $\lambda_{эф}$ базальта; *2* — λ углеродистой стали 08; *3—6* — λ корундов; *7* — $\lambda_{эф}$ деструктирующей пластмассы

Рис. 3. Температурная зависимость удельной теплоемкости

1 — c_p базальта; *2* — c_v углеродистой стали 08; *3* — c_v расчетное; *4—6* — c_p корундов; *7* — c_v деструктирующей пластмассы. Плотность базальта и корундов принималась постоянной и равной соответственно 3 г/см³, 3,80 ÷ 3,45 г/см³

для стали 08 дали возможность сделать вывод о применимости методики моделирования не только в случае монотонных изменений свойств веществ.

Кривые *3—6* на рис. 2 и *4—6* на рис. 3 показывают зависимости $\lambda(T)$ и $c_v(T)$ некоторых типов корундов, а кривые *1* и *7* — базальта в процессе затвердевания и деструктирующей пластмассы. В последних двух случаях конвективный перенос тепла и совместный тепло- и массоперенос учтены в эффективных величинах $\lambda_{эф}$, а поглощение или выделение тепла при структурных или фазовых превращениях — в эффективных величинах $c_{v,эф}$.

Аналогичные определения тепловых свойств для системы слиток — изложница были проведены в [8, 9].

О точности полученных значений $\lambda(T)$ и $c_v(T)$ говорят результаты решений прямых задач, в которых использованы найденные решением инверсной задачи $\lambda(T)$ и $c_v(T)$. Результаты решений таких прямых задач сравнивались с экспериментальными температурными полями (рис. 3, *3*), при этом максимальные расхождения в температурах не превышали 2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. Н. Тихонов, А. А. Самарский.* Уравнения математической физики. Изд-во «Наука», 1966.
2. *А. Н. Тихонов.* Докл. АН СССР, 1963, **151**, 3.
3. *Л. А. Ковдоба.* Сб. «Об эффективности применения аналоговых методов решения краевых задач». М., Изд. МГИ, 1969, 73.

4. *G. Liebmann.* Trans. ASME, 1956, № 3, 78.
5. *Л. А. Коздоба.* Электромоделирование температурных полей в деталях судовых энергетических установок. Л., Изд-во «Судостроение», 1964.
6. *Н. Н. Рыкалин.* Тепловые основы сварки. Изд-во АН СССР, 1947.
7. «Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике». Справочник под ред. Б. Е. Неймарка. М.— Л., изд-во «Энергия», 1967.
8. *Л. А. Коздоба, В. И. Легенчук.* Инж.-физ. ж., 1968, 15, 6.
9. *В. А. Ефимов, Л. А. Коздоба, В. И. Легенчук.*— Сб. «Теплофизика и теплотехника», вып. 15, Киев, Изд-во «Наукова думка», 1969, стр. 20.

А74-45356

А. Г. ШАШКОВ, В. П. КОЗЛОВ, Г. М. ВОЛОХОВ

ОБОБЩЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В настоящее время область науки, охватывающая теплофизические исследования, включает множество разнообразных экспериментальных средств и методов для определения коэффициентов теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости и тепловой активности. В отличие от измерений других физических величин это объясняется прежде всего тем, что любой экспериментальный теплофизический метод базируется на решении параболического уравнения теплопроводности при определенных краевых условиях. Таким образом, в принципе все известные решения этого уравнения могут служить аналитической основой методов для определения теплофизических характеристик. Однако важно выяснить, насколько удобно и просто мы сможем реализовать на практике теоретически требуемые краевые условия, положенные в основу соответствующих решений.

Во всех случаях, включая даже простые тепловые режимы, экспериментальная установка только с той или иной степенью точности отражает идеализированную (теоретическую) модель опыта. Методическая ошибка теплофизических измерений в основном определяется мерой несоответствия теоретически постулированных и реально осуществляемых условий. При идеальном соответствии эксперимента и теории мы с уверенностью можем сказать о реальной точности определения теплофизических характеристик, так как в анализе погрешностей последних будут участвовать только те, которые связаны с инструментальными ошибками измерений величин, входящих в расчетные формулы.

В данной работе основное внимание уделяется вопросам точности определения теплофизических характеристик в среде постоянной и переменной температуры. Авторы считают, что дальнейшее развитие этой области технической физики должно идти по пути совершенствования самих измерений с точки зрения увеличения точности определения теплофизических характеристик и создания соответствующих приборов, основанных на современных достижениях вычислительной и счетно-решающей техники. Все необходимые в работе оценки проводятся на основе строгих решений двумерных и многослойных задач теплопроводности. Смысл обобщения некоторых методов определения теплофизических характеристик касается разработки новых двумерных методик расчета теплофизических коэффициентов в стационарных, регулярных и квазистационарных тепловых режимах. В частных случаях из полученных формул вытекают общеизвестные расчетные соотношения для коэффициентов тепло- и температуропроводности.