

## CREATING SOFTWARE FOR ANALYSIS OF THE UNSTEADY THERMAL STATE OF A ROD WHICH IS EXPOSED TO THE SIMULTANEOUS PRESENCE OF A LOCAL INSULATION, THERMAL TRANSFER, AND HEAT FLUX

A. K. Kudaykulov, A. A. Tashev

Institute of information and computing technology  
050010, Almaty, Republic of Kazakhstan

---

---

The bearing element of a strategic equipment is a rod of limited length and variable cross-section. Most of them are exposed to certain types of heat sources. To ensure reliable operation of this equipment, it is necessary to know the change of the thermal physical characteristics of the rod along the length and time.

Defining the distribution law of the thermal characteristics of the rod with limited length, which is exposed to heterogeneous types of heat, is the basis for the study of the thermo-strained deformed state of structural rod elements of power plants, internal combustion engines, and hydrogen engines. To determine the temperature distribution law along the length of the rod with limited length and constant cross section, many scientists use a finite element method. In particular, they consider the established problem to determine the temperature field along the length of the horizontal rod with the insulated side surface, limited length and a constant cross-section. The heat transfer coefficient and ambient temperature are considered constant.

Some of the work investigates the process of heat conduction in the core elements of nuclear power plants based on the finite element method.

Many authors also consider the effect of temperature on the deformation of the investigated element, during which they can also analytically calculate the temperature distribution law along the length of the rod with insulated lateral surface, and the left end is exposed to the heat flux and the right end is exposed to the heat exchange with the environment. In addition, in this work, we determine the temperature field along the length of the horizontal rod with constant cross section. At the same time, the left end is exposed to the constant temperature, and the remaining surface of the core is exposed to the heat exchange with the environment. The results obtained agree well with practical results. Most of the authors use the energy conservation law in combination with variation methods to study the process of heat exchange between the deformable shell and the surrounding liquid. And here we developed application packages that use modern tools of programming to solve this problem. We can say that these packages, in a certain sense, are universal and user-friendly. Also, in this work, we study the different ways to define the non-stationary fields of temperature distribution in cylindrical rods which are exposed to laser heat sources. The obtained results can be used in the study of non-stationary thermal processes in the rod with the laser heat source. Also, in this work, we are dealing with computational methods, algorithms and software package for the study of steady-state thermal stress — strain state of a rod with limited length and constant cross section, which is exposed to the local heat flow, temperature, thermal exchange, and the availability of local insulation is considered as well. In addition, for each of the considered problem, we successfully identified regularities. For some problems, we determined the steady-state temperature fields, the components of strain and stress and the displacement field. We obtained equations to calculate the elongation and axial compressive force.

Also, investigated the convergence of the studied method and the accuracy of the numerical results. In contrast to the above works, in this paper, we consider the development of methods, computational algorithms, and programs based on the energy conservation law to study the steady thermal stress and strain state of the horizontal rod with constant cross section. For this task, we first defined the distribution law of temperature along the length of the rod. Further, if one end of the rod is firmly fixed and the other end is free, we can calculate the elongation depending on existing heat sources, physical and geometric characteristics of the rod, taking into account the presence of insulation. In the case of pinching both ends of the studied core, we can calculate the axial compressive force, taking into account the real factors. It also determines the distribution law of all the components of deformations and stresses. The study revealed some patterns of the process. It should be noted that programs developed in Delphi and Python proved to be effective and user-friendly.

The paper proposes a computational algorithm and method to determine thermo physical characteristics of the rod with limited length and variable cross-section in time. They are based on fundamental laws of energy conservation. The numerical solutions of the problem have been successfully achieved.

**Key words:** heat flow, the radius of the cross section, a heat source, the length of the rod, thermal conductivity, heat transfer.

## References

1. LARRY J. SEGERLIND. Applied Finite Element Analysis, 2nd Edition. 1985, 1984.
2. Air Force Inst. of Technology Wrights Patterson Air Force base. Dayton, Ohio, 1965.
3. HARR M. E. GroundWater and Seepage. McGraw-Hill, N.Y., 1962.
4. FUNG Y. C. Foundations of Solid Mechanics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1965.
5. KRIETH F. Principles of Heat Transfer, 3-rd ed. Index Educational Publishers, N. Y., 1977.
6. HUEBNER K. H. The Finite Element Method for Engineers. Wiley, N. Y., 1975.
7. HARRY J. Segerlind Applied Finite Element Analysis. N. Y., 1976.
8. VISSER W. Finite Element Method for Determination of Non-Stationary Temperature Distribution and Thermal Deformations, Proc. Conf. on Matrix Methods in Structural Mechanics, Air Force Inst. of Technology Wrights Patterson Air Force base. Dayton, Ohio, 1965.
9. CONTE S. D. Elementary Numerical Analysis. McGraw-Hill, N. Y., 1965.
10. KREYSZIG E. Advanced Engineering Mathematics. 3-rd ed., Wiley, N. Y., 1972.
11. WILLIAMS P. W. Numerical Computation. Nelson, Don Mill, Can., 1972.
12. JOHNSON C. Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method. Cambridge University Press, Cambridge, 1987.
13. GASPAR JR., MOREIRA M. L., DESAMPAIO P. A. B. Temperature Distribution Fuel Rods: A study on the Effect of Eccentricity in the Position of UO<sub>2</sub> Pellets // 0-th International Conference „Nuclear Energy for New Europe“, 2011.
14. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. Jan-feb. 2012. Vol. 18, Iss. 1.
15. TIMOSHENKO S., GOODIER J. N. Theory of Elastic. N. Y., 1951.

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТЕРЖНЯ С УЧЕТОМ ОДНОВРЕМЕННОГО НАЛИЧИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЙ, ТЕПЛООБМЕНОВ И ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

А. К. Кудайкулов, А. А. Ташев

Институт информационных и вычислительных технологий,  
050010, Алма-Ата, Республика Казахстан

---

УДК 539.3

Несущие элементы многих стратегических оборудований являются стержнями ограниченной длины и переменного поперечного сечения. Большинство из них испытывает воздействия определенных видов источников тепла. Для обеспечения надежной работы этих оборудований необходимо знать изменение теплофизических характеристик стержня по длине стержня и по времени. В работе предлагаются вычислительный алгоритм и метод для определения теплофизических характеристик стержня ограниченной длины и переменного поперечного сечения по времени. Они основаны на фундаментальных законах сохранения энергии. Получено численное решение задачи.

**Ключевые слова:** тепловой поток, радиус сечения, источники тепла, длина стержня, теплопроводность, теплообмен.

**Введение.** Определение законов распределения теплофизических характеристик стержня ограниченной длины при воздействии разнородных видов тепла является основой исследования термо-напряженного деформированного состояния несущих стержневых элементов энергетических установок, двигателей внутреннего сгорания и водородных двигателей. В связи с этим определением поля температур в твердых деформируемых телах занимаются многие видные ученые [1–3]. В [4–5] на основе метода конечных элементов определен закон распределения температуры по длине стержня ограниченной длины и постоянного сечения. В частности, в работе [5] рассматривается решение установившейся задачи по определению поля температуры по длине теплоизолированного по боковой поверхности горизонтального стержня ограниченной длины и постоянного поперечного сечения. При этом на площадь поперечного сечения с левого конца подводится поток тепла с постоянной интенсивностью, а на правом конце происходит конвективный теплообмен с окружающей средой. При этом коэффициент теплообмена и температура окружающей среды считаются постоянными. В [6] рассмотрено влияние температуры на деформацию исследуемого элемента. Там же аналитически получен закон распределения температуры по длине стержня, когда боковая поверхность стержня теплоизолирована, левый конец находится под воздействием теплового потока, а на правом происходит теплообмен с окружающей средой. Кроме того, рассматривается задача определения поля температур по длине горизонтального стержня постоянного поперечного сечения. При этом на левый

торец подается постоянная температура, а на оставшихся поверхностях стержня происходит теплообмен с окружающей средой. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами, полученными в [7–9]. В [10] на основе закона сохранения энергии вариационным методом определяется процесс теплообмена между деформируемой оболочкой и окружающей жидкостью. В [11] на основе метода конечных элементов исследуется процесс теплопроводности в стержневых элементах ядерных энергетических установок. Там же приводится описание пакета прикладных программ, разработанных на базе современных инструментальных средств программирования, которые ориентированы на решение рассматриваемых задач. Действительно, разрабатываемый пакет в определенном смысле является универсальным, удобным для пользователей. В [12] исследуется нестационарное поле распределения температур в цилиндрических стержнях при воздействии лазерных источников тепла. Полученные в работе результаты можно использовать при исследовании нестационарных температурных процессов в стержне при наличии лазерных источников тепла. В [13–16] рассматриваются вычислительные методы, алгоритмы и пакет прикладных программ для исследования установившегося термо-напряженно-деформированного состояния стержня ограниченной длины и постоянного поперечного сечения при воздействии локальных тепловых потоков, температур, теплообменов, а также с учетом наличия локальных теплоизоляций. При этом для каждой рассматриваемой задачи выявлены соответствующие закономерности. Для некоторых задач определяются установившиеся поля температур, составляющие деформации и напряжения, а также поле перемещений. Получены выражения для вычисления величины удлинения и возникающего осевого сжимающего усилия. Там же исследованы сходимость метода и точность полученных численных результатов. В отличие от вышеуказанных работ, в данной работе рассматривается разработка методов, вычислительных алгоритмов и программ, основанных на законе сохранения энергии, для исследования установившегося термо-напряженно-деформированного состояния горизонтального стержня постоянного сечения. Для этой задачи сначала определяется закон распределения температуры по длине стержня. Далее, в случае если один конец стержня жестко зажат, а другой свободен, вычисляется его удлинение в зависимости от действующих источников тепла, физических и геометрических характеристик стержня с учетом наличия теплоизоляции. В случае зажатия обоих концов исследуемого стержня определяется величина возникающего осевого сжимающего усилия с учетом реальных факторов. При этом также определен закон распределения всех составляющих деформаций и напряжения. При исследовании выявлены некоторые закономерности процесса. Следует отметить, что разработанные программы на Delphi и Python оказались эффективными и удобными для пользователя.

**Постановка задачи.** Рассматривается горизонтальный стержень длиной  $l$  [см] (рис. 1), изготовленный из жаропрочного материала, площадь поперечного сечения которого есть  $S [cm^2] = const$ . Горизонтальная ось  $OX$  направлена слева направо и совпадает с осью исследуемого стержня. Через правый торец стержня происходит теплообмен с окружающей средой, а боковая поверхность стержня теплоизолирована. Температура окружающей среды  $T_{oc} (°C) = const$ , коэффициент теплообмена  $h \left( \frac{Вт}{cm^2 \cdot °C} \right) = const$ . На левый торец стержня подведен тепловой поток с интенсивностью  $q \left( \frac{Вт}{cm^2} \right) = const$ .

Задача заключается в определении неустановившегося состояния температур и всех составляющих деформации, напряжения, а также величин удлинения стержня и возникающего осевого усилия.

**Решение задачи.** При решении задачи используем два элемента стержня.

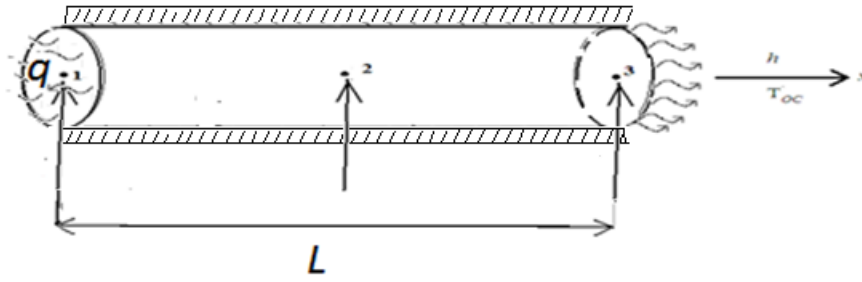


Рис. 1. Расчетная схема

Для решения поставленной задачи сначала определяем закон распределения температур [1] вариационным методом. Вычислим функционал

$$I = \int_V \left[ \frac{K_{xx}}{2} \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \lambda \frac{\partial T}{\partial t} T \right] dV + \int_S \left[ qT + \frac{1}{2} h(T - T_{oc})^2 \right] dS, \quad (1)$$

где

- $\int_V \frac{K_{xx}}{2} \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV$  — часть тепла, которая уходит на повышение внутренней энергии;
- $\int_V \lambda \frac{\partial T}{\partial t} T dV$  — член, учитывающий нестационарность задачи;
- $\int_S qT dS$  — количество поступающего тепла;
- $\int_S \frac{1}{2} h(T - T_{oc})^2 dS$  — количество тепла, уходящего через поверхность стержня.

Здесь введены следующие обозначения:

$T$  — температура ( $^{\circ}$ );

$\lambda$  — коэффициент температуропроводности ( $\frac{\text{Вт}\cdot\text{сек}}{\text{см}^2\cdot^{\circ}}$ );

$K_{xx}$  — коэффициент теплопроводности материала ( $\frac{\text{Вт}}{\text{см}\cdot^{\circ}}$ );

Температуру  $T$  стержня длиной  $L$  с температурами на концах ( $T_1, T_2$ ) аппроксимируем линейно следующим образом:

$$\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{x}{L}.$$

Тогда температура внутри интервала ( $T_1, T_2$ ) имеет вид:

$$T = \left( 1 - \frac{x}{L} \right) T_1 + \frac{x}{L} T_2. \quad (2)$$

Преобразуем выражение (1) для стержня:

$$I_1 = \int_V \left[ \frac{K_{xx}}{2} \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 \right] dV = \frac{K_{xx}S}{2L} (T_1^2 - 2T_1T_2 + T_2^2) + \frac{K_{xx}S}{2L} (T_2^2 - 2T_3T_2 + T_3^2). \quad (3)$$

Выражение  $\int_S qT dS$  для левого торца стержня имеет вид:

$$I_2 = \int_S qT dS = qT_1S. \quad (4)$$

Поток тепла на правом конце стержня равен

$$I_3 = \int_S \frac{1}{2} h(T - T_{oc})^2 dS = \frac{hS}{2} (T_3^2 - 2T_3T_{oc} + T_{oc}^2). \quad (5)$$

Нестационарная часть  $\int_V \lambda \frac{\partial T}{\partial t} T dV$  имеет вид:

$$I_4 = \frac{\lambda SL}{6} \left( 2 \frac{\partial T_1}{\partial t} T_1 + 2 \frac{\partial T_2}{\partial t} T_2 + \frac{\partial T_1}{\partial t} T_2 + \frac{\partial T_2}{\partial t} T_1 \right) + \frac{\lambda SL}{6} \left( 2 \frac{\partial T_2}{\partial t} T_2 + 2 \frac{dT_3}{dt} T_3 + \frac{\partial T_2}{\partial t} T_3 + \frac{\partial T_3}{\partial t} T_2 \right). \quad (6)$$

Дифференцируя функционал  $I$  по переменным  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  и приравнивая к нулю, получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{\lambda SL}{6} \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \frac{\partial T_1}{\partial t} \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} \\ \frac{\partial T_3}{\partial t} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{K_{xx}S}{L} & -\frac{K_{xx}S}{L} & 0 \\ -\frac{K_{xx}S}{L} & 2\frac{K_{xx}S}{L} & -\frac{K_{xx}S}{L} \\ 0 & -\frac{K_{xx}S}{L} & \frac{K_{xx}S}{L} + hS \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -qS \\ 0 \\ hST_\infty \end{pmatrix} \quad (7)$$

Далее, используя решение данной системы дифференциальных уравнений, оцениваем следующие неустановившееся теплофизические характеристики стержня [15]:

- Удлинение стержня в зависимости от  $T(x)$ , которая определяется как
- для линейного случая:

$$\Delta \ell = \int_0^\ell \alpha T(x) dx = \frac{\alpha \ell}{2} (T_i + T_j); \quad (8)$$

- для квадратичного случая:

$$\Delta \ell = \int_0^\ell \alpha T(x) dx = \frac{\alpha \ell}{2} (T_i + 4T_j + T_k). \quad (9)$$

- Осевое термическое усилие  $R$ :

$$R = -\frac{\Delta \ell ES}{\ell}. \quad (10)$$

- Термо-упругое напряжение  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{R}{S} = -\frac{\Delta \ell E}{\ell}. \quad (11)$$

- Термо-упругая деформация  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = -\frac{\Delta \ell}{\ell}. \quad (12)$$

- Температурная деформация  $\varepsilon_T(x)$ :

$$\varepsilon_T(x) = -\alpha T(x). \quad (13)$$

- Температурное напряжение  $\sigma_T(x)$ :

$$\sigma_T(x) = E\varepsilon_T(x). \quad (14)$$

- Упругая деформация  $\varepsilon_x(x)$ :

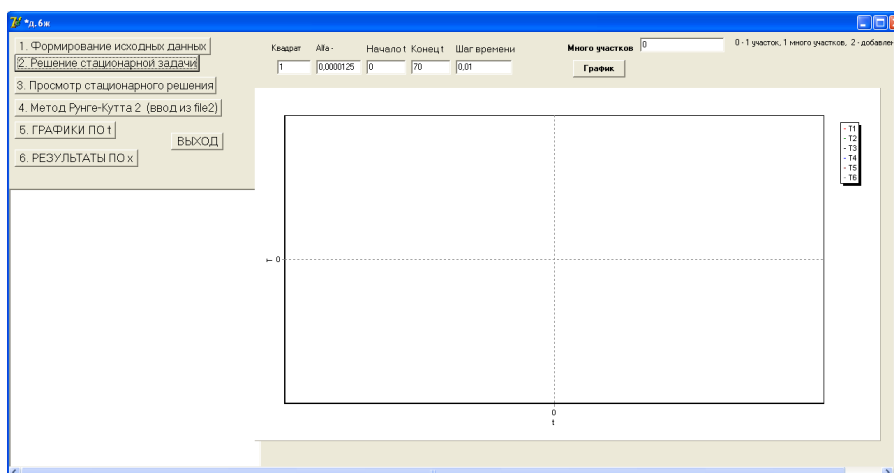


Рис. 2. Основной интерфейс программы

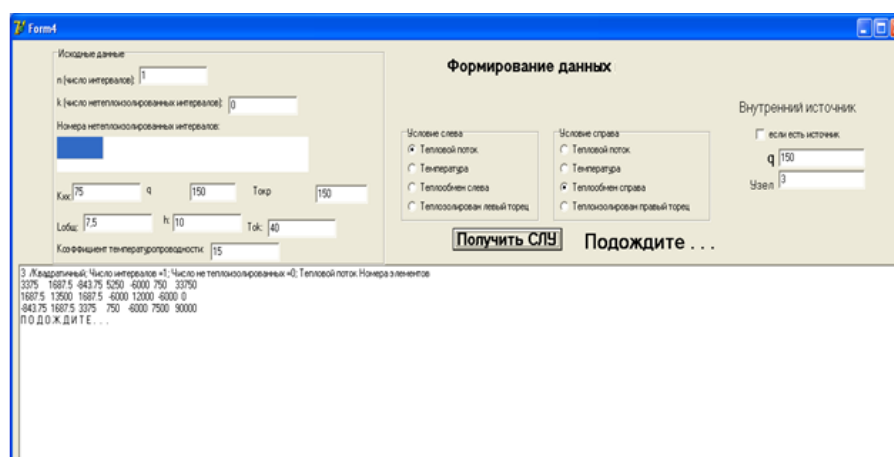


Рис. 3. Модуль для формирования исходных данных

$$\varepsilon_x(x) = \varepsilon - \varepsilon_T(x). \quad (15)$$

**Программное обеспечение.** Для решения рассматриваемой задачи разработана программа с использованием интегрированного средства программирования DELPHI. Основной интерфейс программы показан на рис. 2.

Программа позволяет формировать исходные данные, что осуществляется выбором опции „Формирование исходных данных“ (рис. 3).

Здесь можно задать исходные данные: выбрать номера нетеплоизолированных элементов; задать условия для левого и правого конца стержня, а также данные для внутренних источников тепла. После нажатия на кнопку „Получить СЛУ“ формируется система обыкновенных дифференциальных уравнений.

Далее, при выборе опции „Решение стационарной задачи“ из основного меню получаем стационарное решение задачи (рис. 4).

Нестационарное решение получается при выборе опции „Метод Рунге–Кутты“ из основного меню (рис. 5), где изображены графики изменения температуры по времени.



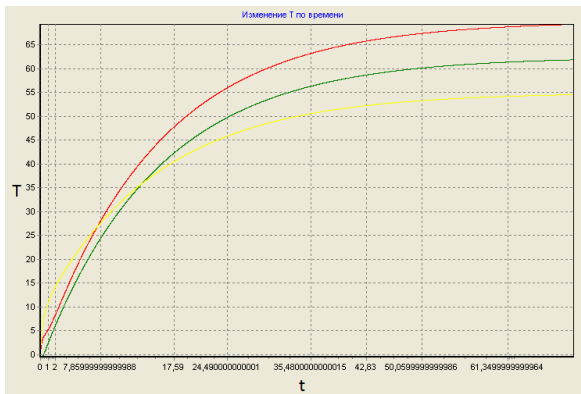


Рис. 8. Изменение температуры по времени для двух элементов

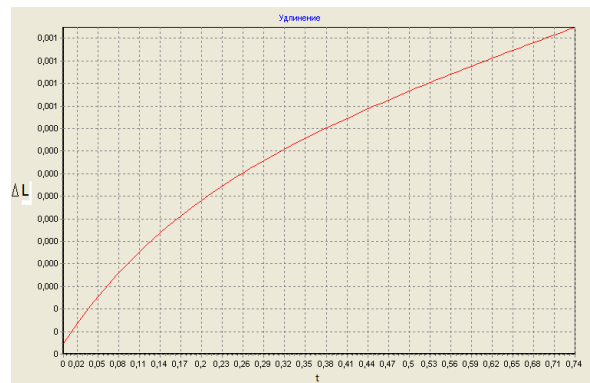


Рис. 9. Изменение удлинения по времени

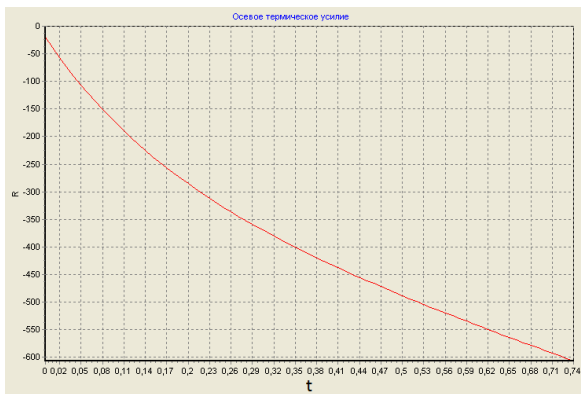


Рис. 10. Изменение удлинения по времени

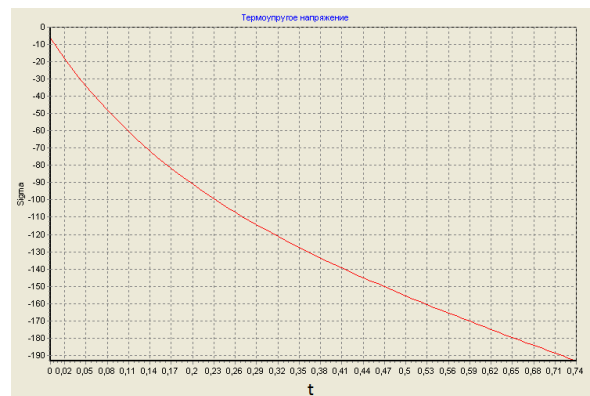


Рис. 11. Изменение термоупругого напряжения по времени

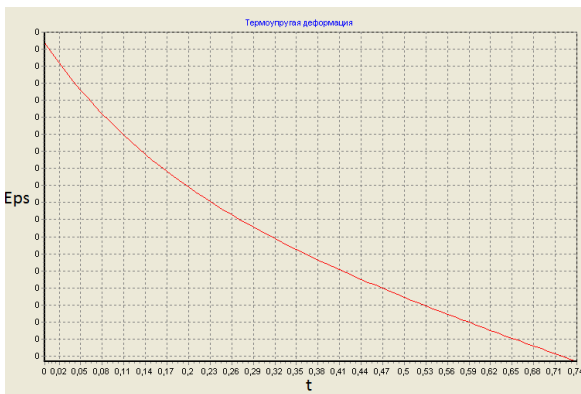


Рис. 12. Изменение термоупругой деформации по времени

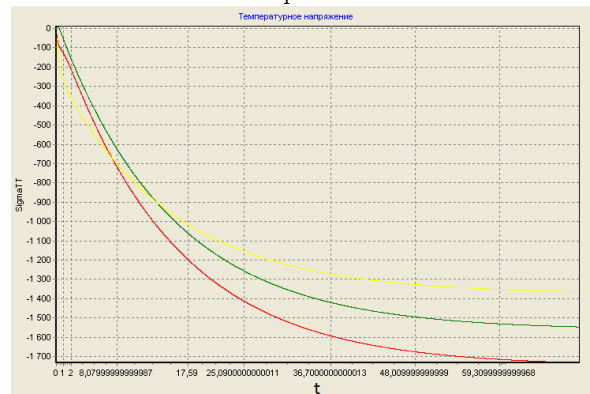


Рис. 13. Изменение температурного напряжения по времени

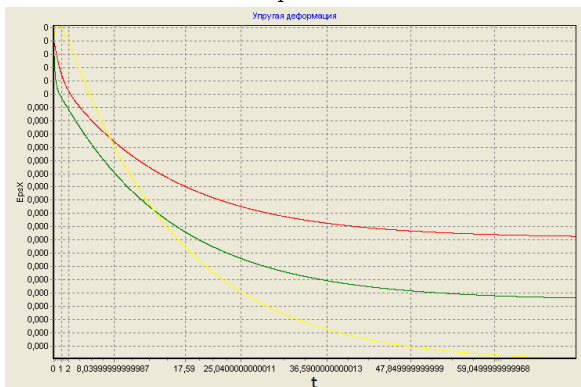


Рис. 14. Изменение упругой деформации по времени

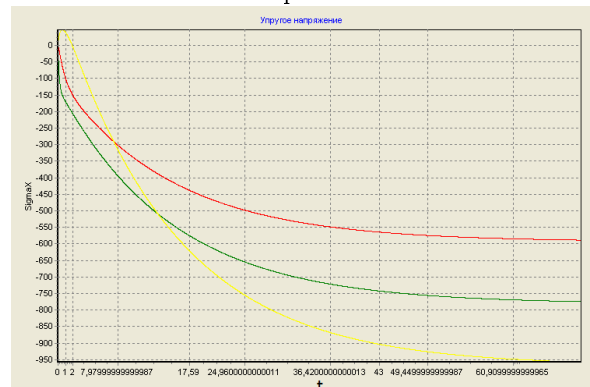


Рис. 15. Изменение упругого напряжения по времени

Чтобы посмотреть изменение других теплофизических характеристик по времени, выбираем опцию „Графики по t“ основного меню (рис. 6), а по длине стержня — „Результаты по x“ (рис. 7).

На рис. 6–7 можно выбрать теплофизические характеристики стержня, которые нас интересуют.

Для решения задачи с использованием разработанной программы были использованы следующие исходные данные:

$$L = 7,5 \text{ см}; \quad q = -150 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}; \quad k_{xx} = 75 \frac{\text{Вт}}{\text{см} \cdot \text{°C}}; \quad h = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{°C}}; \quad T_{\text{ос}} = 40 \text{ °C}; \quad r = 1 \text{ см};$$

$$S = \pi r^2 = \pi \text{ см}^2; \quad P = 2\pi r = 2\pi \text{ см}; \quad \alpha = 0,0000125 \frac{1}{\text{°C}}.$$

Решение нестационарной задачи (7) при линейной аппроксимации для двух элементов представлено на рис. 8.

Стационарным решением этой задачи являются  $T_1 = 70^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 62,5^\circ\text{C}$  и  $T_3 = 55^\circ\text{C}$ .

Далее, зная температуру стержня, определяем все составляющие деформации, напряжения, величину удлинения стержня, а также возникающее осевое усилие в зависимости от времени по формулам (9)–(15).

Изменение удлинения по времени показано на рис. 9.

Изменение осевого термического усилия по времени показано на рис. 10.

Изменение термоупругого напряжения по времени показано на рис. 11.

Изменение термоупругой деформации по времени показано на рис. 12.

Изменение температурного напряжения по времени показано на рис. 13.

Изменение упругой деформации по времени показано на рис. 14.

Изменение упругого напряжения по времени — на рис. 15.

Результаты применения предложенного подхода, основанного на фундаментальном законе сохранения энергии, для решения конкретного примера показывают, что его можно использовать при решении актуальных инженерных задач разной сложности. Эти решения характеризуются повышенной точностью и адекватностью, что позволяет решать практически любые задачи, связанные с определением термомеханического состояния стержня.

## Список литературы

1. LARRY J. SEGERLIND. Applied Finite Element Analysis, 2nd Edition. 1985, 1984.
2. Air Force Inst. of Technology Wrights Patterson Air Force base. Dayton, Ohio, 1965.
3. HARR M. E. GroundWater and Seepage. McGraw-Hill, N.Y., 1962.
4. FUNG Y. C. Foundations of Solid Mechanics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1965.
5. KRIETH F. Principles of Heat Transfer, 3-rd ed. Index Educational Publishers, N. Y., 1977.
6. HUEBNER K. H. The Finite Element Method for Engineers. Wiley, N. Y., 1975.
7. HARRY J. Segerlind Applied Finite Element Analysis. N. Y., 1976.
8. VISSER W. Finite Element Method for Determination of Non-Stationary Temperature Distribution and Thermal Deformations, Proc. Conf. on Matrix Methods in Structural Mechanics, Air Force Inst. of Technology Wrights Patterson Air Force base. Dayton, Ohio, 1965.
9. CONTE S. D. Elementary Numerical Analysis. McGraw-Hill, N. Y., 1965.
10. KREYSZIG E. Advanced Engineering Mathematics. 3-rd ed., Wiley, N. Y., 1972.
11. WILLIAMS P. W. Numerical Computation. Nelson, Don Mill, Can., 1972.

12. JOHNSON C. Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method. Cambridge University Press, Cambridge, 1987.

13. GASPAR JR., MOREIRA M. L., DESAMPAIO P. A. B. Temperature Distribution Fuel Rods: A study on the Effect of Eccentricity in the Position of UO<sub>2</sub> Pellets // 0-th International Conference „Nuclear Energy for New Europe“, 2011.

14. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. Jan-feb. 2012. Vol. 18, Iss. 1.

15. TIMOSHENKO S., GOODIER J. N. Theory of Elastic. N. Y., 1951.



**Кудайкулов Анарбай**

**Кудайкулович** — д-р физ.-мат. наук, проф., руководитель проекта Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алма-Ата, Республика Казахстан; тел. 87172383958; e-mail:

KudaykulovAnarbay2006@mail.ru.

**Кудайкулов Анарбай Кудайкулович** окончил Ташкентский государственный университет им. В. И. Ленина по специальности „Прикладная математика и механика“ в 1973 г. В 1979 г. защитил кандидатскую диссертацию в МГУ им. М. В. Ломоносова. В 1992 г. защитил докторскую по специальности 01.02.07 — „Механика сыпучих тел, грунтов и горных пород“ в Институте гидродинамики СО РАН. Доктор физико-математических наук, профессор, академик Международной академии информатизации, действительный член всемирного общества инженеров-нефтяников.

Известный ученый в области механики деформируемого твердого тела и геомеханики. Автор более 110 научных статей и 9 монографий, из которых 2 монографии изданы в Англии. Удостоен золотой медали имени академика Ж. С. Ержанова. Подготовил 13 кандидатов и 2 доктора наук. В 2009 году прошел научную стажировку в Институте гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН. Под руководством член-корреспондента РАН Б. Д. Аннина провел серию экспериментов по определению прочностных характеристик несущих элементов летательных аппаратов. Для АО „КазТрансОйл“ выполнил расчет на термпрочность несущих элементов нефтенагревательных установок. Совместно с АО НИИ „Каспиймунайгаз“ разработал проект обустройства нефтяных и нефтегазовых месторождений с учетом оптимальных режимов работы основных технологи-

ческих агрегатов и конструкций, подготовки и транспортировки нефти, газа и пластовой воды.

Является членом объединенного (ИММаш, КазНУ) докторского диссертационного совета ОД 14А.01.08.

**Anarbai Kudaykulov** was born in 1951 in Tashkent.

In 1973 he graduated from the faculty of applied mathematics and mechanics of Tashkent state University, and from the year of 1975 to 1978 he studied in graduate school at Moscow State University.

From 1989 to 1991 he did his PhD studies at the Institute of hydrodynamics of SB of USSR.

In 1991 he defended the dissertation on scientific degree completion in a field of physical and mathematical Sciences.

In his scientific experience he has published 8 monographs, including 5 volumes in England and 1 in TSAGI named after Professor Zhukovsky N. Also, he has prepared 10 candidates, 1 doctor of sciences and 2 PhD students.

Research interests: Development of computational algorithms, methods and complex application programs for computers emulation and study of complex non-linear physical-mechanical processes in the bearing elements of strategic equipments. Some developments introduced into production.

Anarbai Kudaykulov has lectured at abroad in the universities of big cities like: Nanjing, Suzhou, Pudan, Xinjiang (China), and Antalya (Turkey).

At present he directs the priority research projects, and supervises some undergraduates and doctoral students.

**Ташев Азат Арипович** — д-р техн. наук, проф., ведущ. науч. сотр. Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алма-Ата, Республика Казахстан; тел.: 87072272469; e-mail: azattash@mail.



### Ташев Азат Арипович

окончил факультет управления и прикладной математики Московского физико-технического института в 1975 году. В 1985 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.13.02, а в

1995 году защитил докторскую по специальности 05.13.06 в НПО „Кибернетика“ с ВЦ АН УзССР. С 1975 года работал в области программирования. В 1985 году он стал зав. лабораторией НИИ „Алгоритм“ НПО „Кибернетика“ по проблемам исследования землетрясений, в настоящее время является главным научным сотрудником Института информационных и вычислительных технологий (Республика Казахстан, г. Алма-Ата).

Им опубликовано свыше 80 работ в таких областях как распределение и перераспределение ресурсов в условиях неопределенности, экспертные системы, основанные на продукционных правилах и на нечетких множествах, сейсмологии, параллельное вычисление, облачная технология, программирование. Его текущие исследовательские интересы включают технологии параллельных вычислений, языки программирования, включая параллельное, экспертные системы, оптимальное распределение и перераспределение ресурсов. В данное время основным проектом А. А. Ташева является исследование термофизических характеристик различных материалов и программирование.

**Azat Tashev** was born in 1953 in Samarkand.

After finishing the high school in 1969 he entered and then in 1975 graduated from the Moscow physical-technical Institute majoring in automatic control Systems.

In 1984 he defended his thesis on the specialty 05.13.02 — the systems theory, automatic control and regulation, and systems analysis.

In 1995 he defended his doctoral thesis on specialty 05.13.06 — The automated control systems.

He has published more than 100 scientific works, including 1 monograph. Released 6 candidates of Sciences, including 3 in Kazakhstan. He was a member of the Council on defense of doctoral theses on specialty 05.13.06. He wrote 6 textbooks. And also, he is involved in two fundamental themes of the Ministry of Education and Science of Republic of Kazakhstan.

Work experience:

1994–1996 — Deputy Director for science of the research Institute for mixed economy;

1996–1997 — Head of Department for computerization and Informatization in the State Property of the Republic of Uzbekistan;

1997–1998 — Deputy Director for science of the Banking and financial Academy of Uzbekistan;

1998–2007 — Head of the Department of IP of the Soviet Union;

2007 — Dean of the faculty of distance learning at KUPS;

2008 — Vice-rector for distance learning at TSAU;

2008–2012 — Professor of the department of informational systems at Kazatk;

2012–2016 — Head of the department of Computing and Software at Kazatiso;

2016 — Present — Professor of the department of „KTL“ Kazatiso.

Area of interest: mathematical modeling and programming, problem solving on the study of mechanical properties of the rod, artificial intelligence, decision theory, development of various projects using tools programming.

*Дата поступления — 25.07.2017*