

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

1 (311)

**ҚАҢТАР – АҚПАН 2017 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2017 г.
JANUARY – FEBRUARY 2017**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошқаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. PhD докторы (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

E d i t o r i n c h i e f
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. PhD (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 311 (2017), 20 – 26

UDC 519.63; 519.684

A.A. Issakhov, A.B. Darzhanova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, the Republic of Kazakhstan

alibek.issakhov@gmail.com asel.darzhanova@gmail.com

ASSESSING THE IMPACT OF THERMAL POWER PLANTS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT IN RESERVOIR-COOLER

Abstract. This paper presents an assessment of the operation impact of thermal power plants on the environment by mathematical modeling method, which is solved by the Navier-Stokes and temperature equations for an incompressible fluid in a stratified medium, based on the projection method which is approximated by control volume method. A numerical algorithm for solving the Navier-Stokes and the temperature transport equations are as follows: in the first stage it is assumed that the transfer of momentum is carried out only by convection and diffusion. The intermediate velocity field is solved by 5-step Runge-Kutta method. In the second stage, based on the found intermediate velocity field, the pressure field is solved. Poisson equation for the pressure field is solved by Jacobi method. In a third step it is assumed that the transfer is carried out only by the pressure gradient. The fourth step numerically solved temperature transfer equation as the momentum equation by 5-step Runge-Kutta method. The algorithm is parallelized on high-performance systems. The obtained numerical results of three-dimensional stratified turbulent flow reveals qualitatively and quantitatively approximate the basic laws of hydrothermal processes occurring in the aquatic environment.

Keywords: stratified environment, the Navier-Stokes equations, operational capacity, Ekibastuz GRES-2, finite volume method, Runge-Kutta method, Shandaksor lake.

1 Introduction

Interaction between energy enterprises and environment takes place at all stages of fuel production and using, processing and transmission of energy. In composition of pollutants there are suspended solids, petroleum products, chlorides, sulphates, heavy metals, hydrogen sulfide, formaldehyde, etc. The main water consumers on TPP and NPP are the turbine condensers. Water consumption depends on steam parameters and technical water supply system. According to some estimates in the future, in condenser cooling will spend water: on TPP – 120 kg/ (kW.h), on NPP – 220 kg/ (kW.h). The large specific steam consumption on NPP accounts for more specific water consumption. At washing the surfaces of aggregates, dilute solutions of hydrochloric acid, sodium hydroxide, ammonia, ammonium salts, iron and other substances are formed. In addition, the discharges of cooling water of nuclear power plants on NPP do not exclude the radionuclides in the aquatic environment.

Annual electricity consumption in industrialized countries is only increasing every year, which resulted in the growth of capacity power units on NPP and TPP. In order to condensation of steam cooling water is supplied to the capacitor. The costs of technical or cooling circulating water are enormous, which make 95 % of the total water consumption for the needs TPP and 90 % for NPP.

TPP with cooling water dropping 4-7 kJ of heat per 1 kW/h of produced energy. But discharges of warm water on TPP by the sanitary standards should not increase the temperature of the reservoir higher than 3 degrees in the summer and 5 degrees in the winter. Propagation of heat emission from TPP depends on several factors: topography, ambient temperature, wind speed, cloudiness, precipitation, etc.

The reservoirs are required by both thermal and nuclear power plants. For work of these stations is required a large quantity of water for cooling aggregates, an average of 35-40 m.c/sec at 1 million kW installed power. Hence it is evident that it takes 70-160 cubic meters of water every second for the thermal

power plant of 2-4 million kW. Therefore, when choosing the construction site of TPP and NPP their water supply is the important aspect. Naturally, the large thermal power stations should be located on the banks of large rivers, reservoirs and lakes or artificial reservoirs.

As an example of the thermal effects by TPP to the aquatic environment is taken Ekibastuz SDPP-2, located in township Solnechnyi, about 40 kilometers north of the city Ekibastuz, Pavlodar region, Kazakhstan. Ekibastuz SDPP-2 generates electricity from high-ash coal by two power units of 500 MW and has an installed capacity of 100 MW. Today two power blocks produce about 12 % of all electricity produced in the country.

Technical water supply is carried out according to the scheme of recycling technical water supply with artificially created self-leveling reservoir-cooler. The reservoir-cooler was created on the basis of bitter-salty, drying up, not having national economic value Shandaksor Lake. Recycled water supply scheme is following: cold water is taken from deep water intake reservoir-cooler and comes to the block pumping station by supply channel, and then to the power plant heat exchangers. Warm water from the heat exchanger on the exhaust channel is discharged into the reservoir-cooler. The maximum dimensions of the cooling reservoir are about 7,2x7,7 km.

2 Mathematical model

For many years in the study of the hydrodynamics of lakes and reservoirs there were two separate areas one of them full-scale analysis of the observational data, and the other is mathematical modeling. Field experiments are observations, although made in a variety of complex conditions, were passive, as were not allowed to actively manage the experiment, wherein not possible to predict hydro-physical processes. One of the most effective methods for studying the hydrodynamics of the lake waters is the method of mathematical modeling. In some cases, this method may be the only way to forecast changes in the hydrological regime and ecosystems of lakes, for example in the study of changes that may occur with territorial redistribution of water, construction of hydraulic structures and other activities related to the use of water objects.

The cooling pond spatial temperature change is small. Therefore, the stratified flow in the cooling pond can be described by equations in the Boussinesq approximation. For the mathematical modeling the system of equations is considered, including the equation of motion, continuity equation and the equation for the temperature. We consider developed spatial turbulent flow in the stratified cooling pond. For the modeling of the temperature in the reservoir three-dimensional mathematical model is used [1-12, 17]:

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_j \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) + \beta g_i (T - T_0) - \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} = 0, \quad (i=1, 2, 3), \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_j T}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial x_j} \right), \quad (3)$$

where $\tau_{ij} = \overline{u_i u_j} - \bar{u}_i \bar{u}_j$, g_i - acceleration of gravity, β - coefficient of volume expansion, u_i - velocity components, χ - thermal diffusivity, T_0 - the equilibrium temperature, T - the temperature deviation from equilibrium.

To close the system of equations (1) - (3) turbulence model Smagorinsky [13] is used.

For discretization system of equations (1) - (3) using the control volume method. For this we represent the Navier-Stokes equations and equation for temperature in the form of integral conservation laws for an arbitrary fixed volume Ω with boundary $d\Omega$ [14, 15]:

$$\int_{\Omega} \left(\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F_i}{\partial x_i} + \frac{\partial G_i}{\partial x_i} - B_i \right) d\Omega = 0, \quad (4)$$

Where

$$U = \begin{pmatrix} 0 \\ u_j \\ T \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} u_i \\ u_i u_j + p \delta_{ij} - \tau_{ij} \\ v_i T \end{pmatrix} G_i = \begin{pmatrix} 0 \\ v \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \\ \chi \frac{\partial T}{\partial x_j} \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 \\ B g_i (T - T_0) \\ 0 \end{pmatrix}.$$

equation (4) can be written as follows:

$$\int_{\Omega} \left(\frac{\partial U}{\partial t} - B \right) d\Omega + \oint_{\partial\Omega} (F_i + G_i) n_i d\Gamma = 0, \quad (5)$$

The equation (5) to a form:

$$\int_{\Omega} \left(\frac{\partial U}{\partial t} \right) d\Omega + \oint_{\partial\Omega} (F_i + G_i) n_i d\Gamma = \int_{\Omega} B_i d\Omega, \quad (6)$$

Grid features are defined in the center of the cell and the values of flows across the border in divided cells. The volume of the cell is denoted by grid functions.

Now we perform discretization equation (6) for the control volume (CV) and a reference surface (CS)

$$\sum_{CV} \left(\frac{\Delta U}{\Delta t} \right) \Delta\Omega + \sum_{CS} (F_i + G_i) n_i \Delta\Gamma = \overline{B_i} \Delta\Omega \quad (7)$$

or you can write the equation (7) in the form:

$$\sum_{CV} \Delta U \Delta\Omega + \sum_{CS} \Delta t (F_i + G_i) n_i \Delta\Gamma = \Delta t \overline{B_i} \Delta\Omega \quad (8)$$

3 Numerical algorithm

For the numerical solution of equations (1) - (3) splitting scheme on physical parameters [14-16] is used. For numerical implementation of (1)-(3), discretization of the form (8) is used. In the first step it is assumed that transfer of momentum carried out only by convection and diffusion. The intermediate velocity field is found by 5-step Runge-Kutta method [11, 12, 14, 15]. In the second stage, based on the found intermediate velocity field, is found the pressure field. Poisson equation for the pressure field is solved by Jacobi [14, 15]. In a third step it is assumed that the transfer is carried out only by the pressure gradient. On the fourth step numerically temperature transfer equation as the equation of motion by 5-step Runge-Kutta method is solved. In solving the equation for temperature also the finite volume method and the same calculations for the equations of motion is used [11, 12]. The algorithm of task is parallelized on high-performance systems. The calculations were performed on cluster systems URSA and T-Cluster of BPH Research Institute of Mathematics and Mechanics at Al-Farabi Kazakh National University.

$$1) \int_{\Omega} \frac{\vec{u}^* - \vec{u}^n}{\tau} d\Omega = - \oint_{\partial\Omega} (\nabla(\vec{u}^n \vec{u}^* - \tau_{ij}) - v \Delta \vec{u}^*) n_i d\Gamma,$$

$$\text{II) } \oint_{\partial\Omega} (\Delta p) d\Gamma = \int_{\Omega} \frac{\nabla \vec{u}}{\tau} d\Omega,$$

$$\text{III) } \frac{\vec{u}^{-n+1} - \vec{u}^{-n}}{\tau} = -\nabla p,$$

$$\text{IV) } \int_{\Omega} \frac{T^{*n} - T^n}{\tau} d\Omega = -\oint_{\partial\Omega} (\nabla \vec{u}^{-n} T^* - \nu \Delta T^*) n_i d\Gamma.$$

4 Results of numerical simulation

Initial and boundary conditions were set for the numerical solution of problems. The initial conditions for the velocity and temperature are defined as follows: $u_j = 0, (j = 0, 1, 2, 3), T = T_0$. The boundary conditions for the velocity at the bottom and side of the border are defined by adhesion condition and temperature by adiabatic conditions. On the surface, for the velocity and temperature are specified Neumann conditions. And also put additional boundary conditions for the velocity and temperature in the lateral border of spillway according to the operational capacity of the Ekibastuz SDPP-2. In the calculations there was used computational grid, with more than 800,000 computing nodes. Figure 1 shows a computational grid for the Ekibastuz SDPP-2. Figure 2 shows the current contour and isolines of the temperature distribution at different time points after the start of work SDPP-2, on a water surface for the operational capacity of 700 MW. Figure 3 shows the contour and isolines of the temperature distribution at different time points after the start of work SDPP-2, on the surface of water for the operating power of 900 MW. In both Figures 2-3 it is seen that the temperature distribution with distance from the flow close to isothermal condition. The results show that the temperature distribution is distributed over a larger area. As can be seen from Figures 2-3, with an increase the operational capacity of SDPP-2, area of heat exposure becomes directed in one direction, and leads to warm water with one part of the reservoir, which has a negative effect on the performance of SDPP-2. When operating power is 900 MW, the temperature is distributed in the northern part of the reservoir and approximately uses only half of the body of water for cooling hot water by SDPP-2. When the operating power of Ekibastuz SDPP-2 increase, the cooling pond is not working effectively, fueling the northern part of the reservoir, the rest of the pond bottom is not involved at cooling the heated water from the SDPP-2.

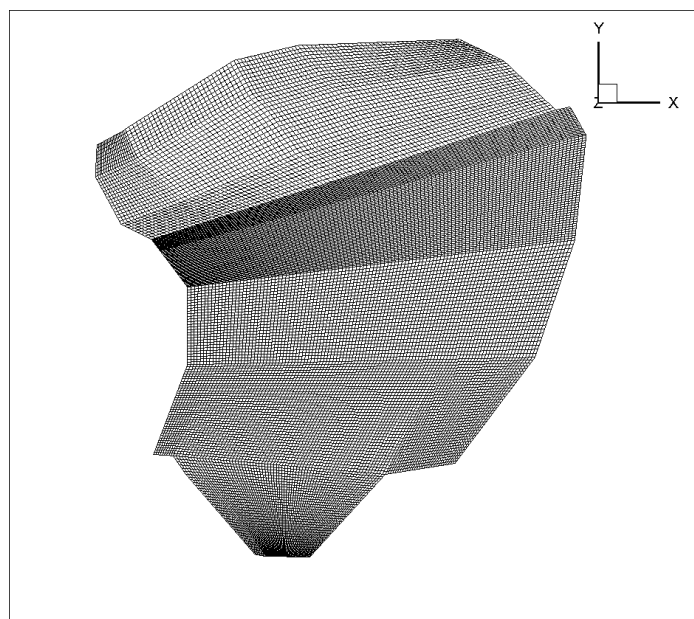


Figure 1 - The computing grid for the Ekibastuz SDPP-2

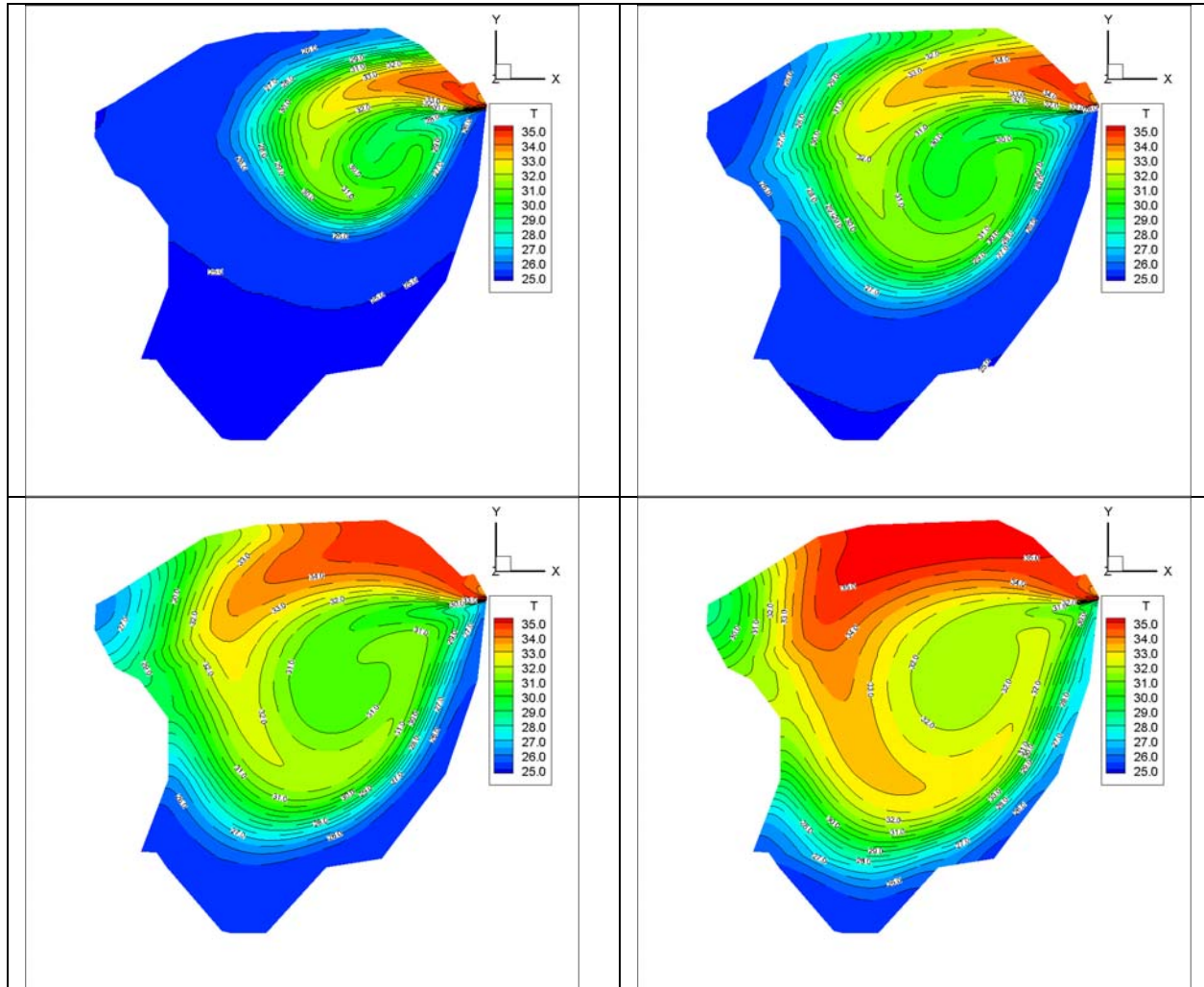
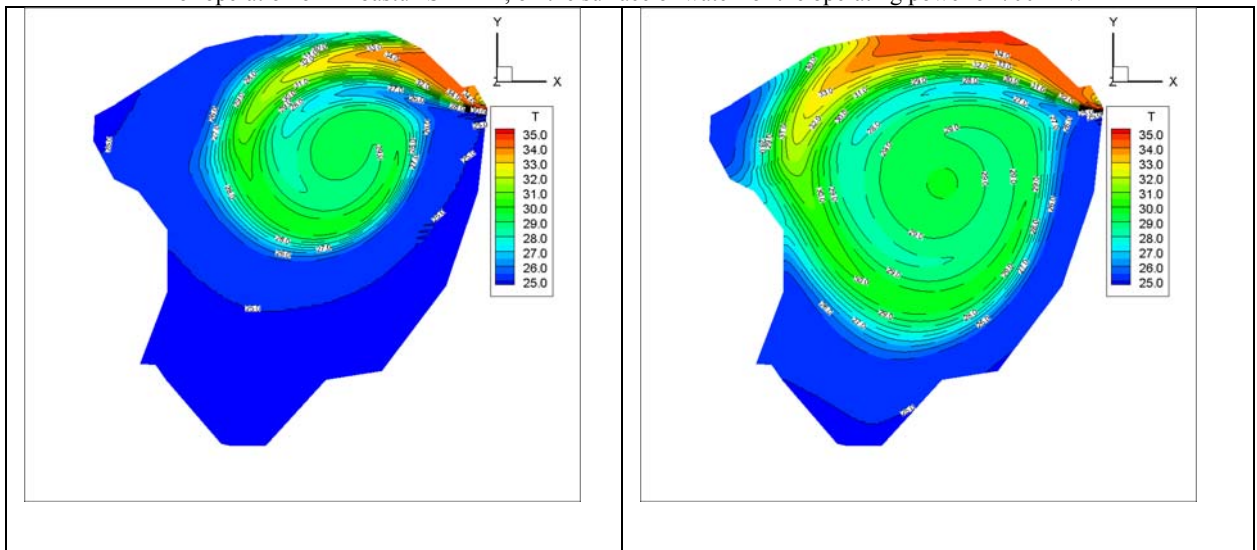


Figure 2 - The outline and contours of the temperature distribution across the 22.5 hr., 50 hr., 72.5 hr. and 90 hr. after the start of operation of Ekibastuz SDPP-2, on the surface of water for the operating power of 700 MW



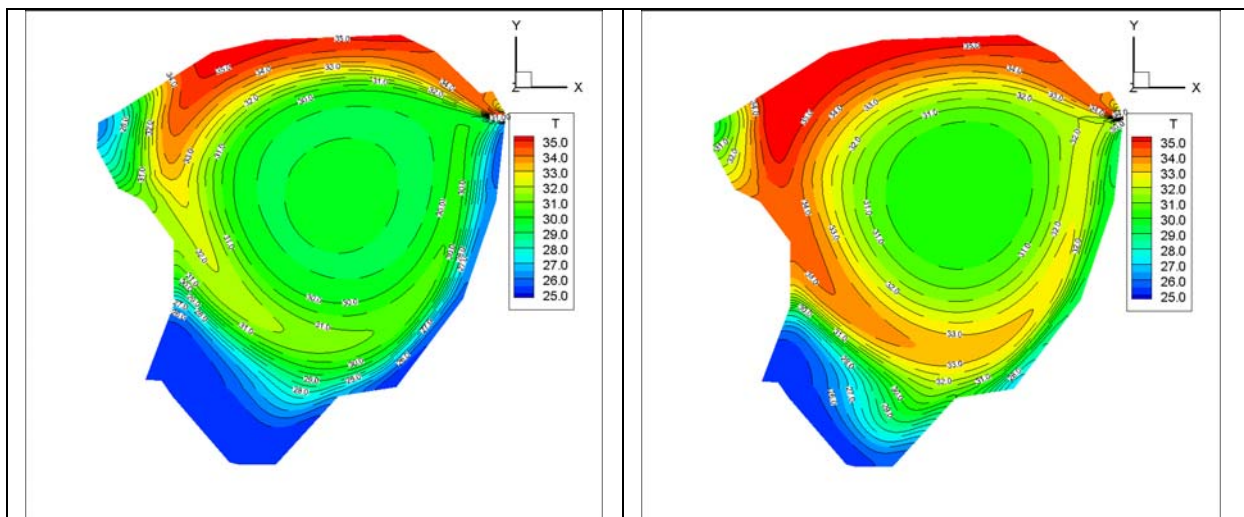


Figure 3 - The outline and contour lines of the temperature distribution over 22.5 hr., 50 hr., 72.5 hr. and 90 after the start of operation of Ekibastuz SDPP-2, on the surface of water for the operating power of 900 MW

5 Conclusion

This work was carried out by predictive modeling to minimize the thermal load to the lake Shandaksor, which is located near the Ekibastuz SDPP-2. The aim of this work is to determine the size and spatial distribution of warm water temperature from the spillway channel for different operating power capacity. Predictive mathematical model developed for this study, showed portions of the thermal plume in which the temperature decreases when moving away from the spillway channel and the flame temperature is close to the values of the reservoir-cooler temperature. Thus, there was developed a three-dimensional model of a stratified turbulent flow that allows identifying qualitatively and approximately quantitatively the basic laws of hydrothermal processes in the pond Shandaksor.

REFERENCES

- [1] Yang Z., Khangaonkar T. Modeling Tidal Circulation and Stratification in Skagit River Estuary Using an Unstructured Grid Ocean Model. *Ocean Modelling*, 28(1-3), 34-49, **2008**.
- [2] Chen C., Liu H., Beardsley R. C. An Unstructured Grid, Finite-Volume, Three-Dimensional, Primitive Equations Ocean Model: Application to Coastal Ocean and Estuaries. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 01/2003; 20(1):159-186.
- [3] Zheng L., Chen C., Liu H. A modeling study of the Satilla River estuary, Georgia. I: Flooding-drying process and water exchange over the salt marsh-estuary-shelf complex. *Estuaries and Coasts* 05/2003; 26(3):651-669.
- [4] Isobe A., Beardsley R. C. An estimate of the cross-frontal transport at the shelf break of the East China Sea with the Finite Volume Coastal Ocean Model. *Journal of Geophysical Research* 111:C03012. doi:10.1029/2005JC 003290.
- [5] Aoki K., Isobe A. Application of finite volume coastal ocean model to hindcasting the wind-induced sea-level variation in Fukuoka bay. *Journal of Oceanography* 03/2007; 63(2):333-339.
- [6] Weisberg R. H., Zheng L. The circulation of Tampa Bay driven by buoyancy, tides, and winds, as simulated using a finite volume coastal ocean model. *Journal of Geophysical Research* 111:C01005, doi:10.1029/2005JC003067, **2006**.
- [7] Lick W. Numerical models of lakes currents. –EPA-60013-76-020, p. 140, **1976**.
- [8] Sheng Y., Lick W., Gedney R.T., Molls F.B. Numerical computation of three-dimensional circulation of Lake Erie: A comparison of a free-surface model and rigid-Lid. Model. – *J. of Phys. Ocean.*, v.8, p. 713 – 727, **1978**.
- [9] Issakhov A. Mathematical Modelling of the Influence of Thermal Power Plant on the Aquatic Environment with Different Meteorological Condition by Using Parallel Technologies. *Power, Control and Optimization. Lecture Notes in Electrical Engineering*. Volume 239, –**2013**, pp 165-179.
- [10] Issakhov A. Mathematical modelling of the influence of thermal power plant to the aquatic environment by using parallel technologies. *AIP Conf. Proc.* 1499, – **2012**. pp. 15-18; doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4768963>
- [11] Issakhov A. Mathematical modeling of the discharged heat water effect on the aquatic environment from thermal power plant, *International Journal of Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 16(5) (2015) 229–238, doi:10.1515/ijnsns-2015-0047.
- [12] Issakhov A. Mathematical modeling of the discharged heat water effect on the aquatic environment from thermal power plant under various operational capacities, *Applied Mathematical Modelling* (2015), Volume 40, Issue 2, 15 January **2016**, pp. 1082–1096 <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2015.06.024>.
- [13] Lesieur M., Metais O., Comte P. Large eddy simulation of turbulence. New York, Cambridge University Press, 2005. 219 p.

- [14] Chung T. J. Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 2002 – p. 1012.
[15] Ferziger J. H., Peric M. Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer; 3rd edition, 2013, –p. 426
[16] Issakhov A. Large eddy simulation of turbulent mixing by using 3D decomposition method. Issue 4 (2011) J. Phys.: Conf. Ser. 318. pp. 1282-1288, 042051. doi:10.1088/1742-6596/318/4/042051

А. А. Исахов, А. Б. Даржанова

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан)

МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ЖЫЛУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫНЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Аннотация. Жұмыста ақырлы көлем әдісімен аппроксимацияланатын, физикалық параметрлер бойынша ыдырау әдісіне негізделген, стратификацияланған ортадағы сығылмайтын сұйыққа арналған Навье - Стокс және температура теңдеулерімен шешілетін, математикалық модельдеу арқылы қоршаған ортаға жылу электр станцияларының жұмысының әсерін бағалау ұсынылды. Навье-Стокс және температура теңдеулерін шешу үшін арналған сандық алгоритмы осылай болып табылады: бірінші кезеңде қозғалыс санының ауысуы конвекция мен диффузияның есебінен ғана болады деп болжанады. Аралық жылдамдық өрісі 5- қадамды Рунге – Кутта әдісімен табылады. Екінші кезеңде табылған аралық жылдамдық өріс арқылы қысым өрісі табылады. Қысым өрісі үшін Пуассон теңдеуі Якоби әдісімен шығарылады. Үшінші кезеңде алмастыру қысым градиенті арқылы жүзеге асады деп болжаймыз. Төртінші кезеңде температура теңдеуі қозғалыс теңдеуі сияқты 5-қадам Кутта Рунге әдісі арқылы сандық шешіледі. Есептің алгоритмі жоғары өнімді жүйеде параллелденген. Алынған үшөлшемді стратификацияланған турбулентті ағыстың сандық нәтижелері су қоймаларында болып жатқан гидротермиялық процесстердің негізгі заңдылықтарын сапалы және айтарлықтай жуықтап алуға мүмкіндік береді

Тірек сөздер: стратификацияланған орта, Навье-Стокс теңдеуі, операциялық қуаты, Екібастұз ГРЭС-2, ақырлы көлем әдісі, Рунге-Кутта әдісі, Шандаксор көлі.

А. А. Исахов, А. Б. Даржанова

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан)

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В работе представлена оценка воздействия функционирования тепловой электростанции на окружающую среду методами математического моделирования, которая решается уравнениями Навье - Стокса и температуры для несжимаемой жидкости в стратифицированной среде, основанные на методе расщепления по физическим параметрам, которые аппроксимируются методом контрольного объема. Численный алгоритм для решения уравнений Навье-Стокса и переноса температуры выглядит таким образом: на первом этапе предполагается, что перенос количества движения осуществляется только за счет конвекции и диффузии. Промежуточное поле скорости находится 5-шаговым методом Рунге - Кутта. На втором этапе, по найденному промежуточному полю скорости, находится поле давления. Уравнение Пуассона для поля давления решается методом Якоби. На третьем этапе предполагается, что перенос осуществляется только за счет градиента давления. На четвертом шаге численно решается уравнения переноса температуры также как уравнения движения 5-шаговым методом Рунге-Кутта. Алгоритм задачи распараллелен на высокопроизводительной системе. Полученные численные результаты трехмерного стратифицированного турбулентного течения позволяет выявить качественно и приближенно количественно основные закономерности гидротермических процессов происходящих в водоемах-охладителях.

Ключевые слова: стратифицированная среда, уравнения Навье-Стокса, эксплуатационная мощность, Екібастұзский ГРЭС-2, метод конечных объемов, метод Рунге-Кутта, озеро Шандаксор.

МАЗМҰНЫ

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейитов Д.М.</i> 18 МэВ энергиялы дейтрондардың ${}^6\text{Li}$ ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу	5
<i>Жұмбаев Д.С., Темешева С.М.</i> Сызықсыз жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесінің бүкіл өсте шектелген шешімін табу есебінің аппроксимациясы.....	13
<i>Исахов А. А., Даржанова А. Б.</i> Математикалық модельдеу әдісі арқылы қоршаған ортаға жылу электр станцияларының жұмысының әсерін бағалау.....	20
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары. (1-бөлім).....	27
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары. (2-бөлім)	36
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары (1-бөлім)	46
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Космологиялық мәселелерді шешудің жуықтау салдары. (2-бөлім)	55
<i>Байжанов С.С., Култешов Б.Ш.</i> Эбден О-минималдық теориялардың модельдерін байытуда инварианттық қасиеттері.....	65
<i>Дүйсенбай А.Д., Такибаев Н.Ж., Курманғалиева В.О.</i> Исследование реакций взаимодействия изотопов Li и Be с нейтронами.....	72
<i>Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абекова Ж.А., Омашова Г.Ш., Қыдырбекова Ж.Б., Джумағалиева А.И.</i> Нақты газ изотермаларын зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру	77
<i>Калмурзаев Б.С.</i> L_m^0 Жартыторының екі элементі ершов иерархиясының жиындар үйірінің Роджерс жартыторына енуінің бағалаулары жайлы.....	83
<i>Рябкин Ю.А., Рақыметов Б.А., Байтұмбетова Б.А., Айтмукан Т., Клименов В.В., Муратов Д.А., Мереке А.У., Умирзаков А.У.</i> Көміртекті қабықшаның парамагнитті қасиетін анықтау негізінде кеуікті никельді анодты зерттеу үшін ЭПР әдісінің мүмкіндігі.....	91
<i>Байтұмбетова Б.А., Рябкин Ю.А., Рахметов Б.А.</i> Графен құрылымдарын ультрадыбыс өрісінде графитті ароматикалық көмірсутектер жүйесінде әсер етіп алу және оларды ЭПР әдісімен зерттеу.....	99
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейитов Д.М.</i> 18 МэВ энергиялы дейтрондардың ${}^6\text{Li}$ ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу.....	104
<i>Жұмбаев Д.С., Темешева С.М.</i> Сызықсыз жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесінің бүкіл өсте шектелген шешімін табу есебінің аппроксимациясы.....	113
<i>Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Федоренко О.В., Мукамеденқызы В.</i> Ауамен араласатын кейбір табиғи газ қоспасы компоненттері коэффициенттерінің табы.....	120
<i>Шыныбаев М.Д., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Алиасқаров Д.Р., Мырзақасова Г.Е., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> Екі жылжымайтын нүкте проблемасының жаңа нұсқасын үш дене есебінде қолдану.....	127
<i>Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И., Сапрунова М.Б.</i> Толқындардың үзік ішек бойымен таралуы туралы.....	137
<i>Жақып-тегі К. Б.</i> $k - \varepsilon$, 1es , рейнольдс және дәрежелі моделдер туралы.....	144
<i>Мазакова Б.М., Жақыпов А.Т., Абдикеримова Г.Б.</i> Көзі ашық мәліметтердің негізінде ғарыш аппараттарының орбитасын салу.....	159
<i>Сапрунова М.Б., Ақылбаев М.И., Шалданбаев А.Ш.</i> Желідегі ақпарларды қорғаудың бір тәсілі туралы.....	164
<i>Самагулова Л.А., Исаева Г.Б.</i> Программалауды оқытуда қолданылатын оқыту технологияларының ерекшеліктері	173
<i>Есқалиев М.Е.</i> Жүктелген элемент әсерінен болатын есепті жуықтап шешу үшін шекаралық элементтер әдісі....	180
<i>Миндетбаева А.А., Мусаханова М.А.</i> Информатика бойынша сыныптан тыс жұмыстарды жүргізуге арналған ақпараттық-бағдарламалық кешен құру.....	187

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М.</i> Изучение упругого рассеяния дейтронов на ядрах ${}^6\text{Li}$ при энергии 18 МэВ.....	5
<i>Джумабаев Д.С., Темешева С.М.</i> Аппроксимация задачи нахождения ограниченного решения системы нелинейных нагруженных дифференциальных уравнений.....	13
<i>Исахов А. А., Даржанова А. Б.</i> Оценка воздействия функционирования тепловой электростанции на окружающую среду методами математического моделирования.....	20
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-1).....	27
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-2).....	36
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-1).....	46
<i>Дроздов А.М., Жохов А.Л., Юнусов А.А., Юнусова А.А.</i> Решение космологической проблемы в приближениях (Часть-2).....	55
<i>Байжанов С.С., Кулпешов Б.Ш.</i> Инвариантные свойства при обогащениях моделей вполне О-минимальных теорий.....	65
<i>Дүйсенбай А.Д., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.</i> Li және Be изотоптарының нейтрондармен әрекеттесу реакцияларын зерттеу.....	72
<i>Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абекова Ж.А., Омишова Г.Ш., Кыдырбекова Ж.Б., Джумагалиева А.И.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию изотерм реального газа.....	77
<i>Калмурзаев Б.С.</i> Об оценках вложимости L_m^0 в полурешетку Роджерса двухэлементных семейств множеств иерархии Ершова.....	83
<i>Рябкин Ю.А., Рақыметов Б.А., Байтимбетова Б. А., Айтмукан Т., Клименов В.В., Муратов Д.А., Мереке А.У., Умирзаков А.У.</i> Выяснение возможности использования метода ЭПР для изучения пористого никелевого анода на основе определения парамагнитных характеристик углеродных пленок.....	91
<i>Байтимбетова Б.А., Рябкин Ю.А., Рахметов Б.А.</i> Получение графеновых структур в системе графит с ароматическими углеводородами при воздействии ультразвукового поля и изучение их методом ЭПР.....	99
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Отарбаева А.М., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М.</i> Изучение упругого рассеяния дейтронов на ядрах ${}^6\text{Li}$ при энергии 18 МэВ.....	104
<i>Джумабаев Д.С., Темешева С.М.</i> Аппроксимация задачи нахождения ограниченного решения системы нелинейных нагруженных дифференциальных уравнений.....	113
<i>Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Федоренко О.В., Мукамеденкызы В.</i> Следовые коэффициенты компонентов некоторых природных газовых смесей, диффундирующих в воздух.....	120
<i>Шинибаев М.Д., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Алиаскаров Д.Р., Мырзакасова Г.Е., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> Использование новой версии задачи двух неподвижных центров в задаче трех тел.....	127
<i>Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И., Сапрунова М.Б.</i> О распространении волн по разрывной струне.....	137
<i>Джакупов К.Б.</i> О $k - \varepsilon$, les , рейнольдс и степенных моделях.....	144
<i>Мазакова Б.М., Жакыпов А.Т., Абдикеримова Г.Б.</i> Построение орбиты космического аппарата на основе открытых исходных данных.....	159
<i>Сапрунова М.Б., Ақылбаев М.И., Шалданбаев А.Ш.</i> Об одном способе защиты передачи информации.....	164
<i>Смагулова Л.А., Исаева Г.Б.</i> Особенности технологий обучения, применяемых в обучении программирования.....	173
<i>Ескалиев М.Е.</i> Метод граничного элемента для приближенного решения задачи, вызванной действием нагруженного элемента.....	180
<i>Миндетбаева А.А., Мусаханова М.А.</i> Создание информационно-программного комплекса для проведения внеклассных работ по информатике.....	187

CONTENTS

<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Alimov D.K., Otarbayeva A.M., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M.</i> Study of elastic scattering of deuterons from ${}^6\text{Li}$ AT energy 18 MeV.....	5
<i>Dzhumabaev D.S., Temesheva S.M.</i> Approximation of problem for finding the bounded solution to system of nonlinear loaded differential equations	13
<i>Issakhov A.A., Darzhanova A.B.</i> Assessing the impact of thermal power plants in the aquatic environment in reservoir-cooler.....	20
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations. (Part-1).....	27
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations. (Part-2)	36
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations (Part-1)	46
<i>Drozdov A.M., Zhokhov A.L., Yunusov A.A., Yunusova A.A.</i> Solution of the cosmological problem in the approximations. (Part-2)	55
<i>Baizhanov S.S., Kulpeshov B.Sh.</i> Invariant properties at expanding models of quite O-minimal theories.....	65
<i>Duisenbay A.D., Takibayev N.ZH., Kurmangalieva V.O.</i> Research of the reactions of Li and Be isotopes with neutrons....	72
<i>Kabyrbekov K.A., Ashirbaev H. A., Abekova ZH. A., Omashova G.Sh., Kydyrbekova Zh. B., Dzhumagaliyeva A.I.</i> The organization of performance of computer laboratory operation on examination of isothermal curves real gaza.....	77
<i>Kalmurzayev B.S.</i> On assessments of embeddability L_m^0 in rogers semilattice of two-element families of sets in the Hierarchy of Ershov.....	83
<i>Ryabikin Y.A., Rakymetov B.A., Baytimbetova B.A., Aytmukan T., Klimenov V.V., Muratov D.A., Mereke A.U., Umirzakov A.U.</i> Identification of capabilities of the EPR method in studying porous nickel anodes based on definition of paramagnetic characteristics of carbon films.....	91
<i>Baitimbetova B.A., Ryabikin Yu.A., Rachmetov B.A.</i> Production of graphene structures in the graphite with an aromatic hydrocarbon on exposure to ultrasonic fields and investigation of their EPR.....	99
<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Alimov D.K., Otarbayeva A.M., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M.</i> Study of elastic scattering of deuterons from ${}^6\text{Li}$ at energy 18 MeV.....	104
<i>Dzhumabaev D.S., Temesheva S.M.</i> Approximation of problem for finding the bounded solution to system of nonlinear loaded differential equations.....	113
<i>Zhavrin Yu.I., Kosov V.N., Moldabekova M.S., Asembaeva M.K., Fedorenko O.V., Mukamedenkyzy V.</i> Trace coefficients of components of some natural gaseous mixtures diffusing into the air.....	120
<i>Shinibaev M.D., Dairbekov S.S., Zholdasov S.A., Myrzakasova G.E., Aliaskarov D.R., Shekerbekova S.A., Sadybek A.G.</i> Use of the new version of the problem of two centers in the three-body problem.....	127
<i>Shaldanbayev A. Sh., Akylbayev M., Saprunova M.B.</i> About an advance of waves on an explosive string.....	137
<i>Jakupov K.B.</i> About $k-\varepsilon$, les, reynolds and power model.....	144
<i>Mazakova B.M., Zhakypov A.T., Abdikerimova G.B.</i> The spacecraft's orbit consecution based on open source data.....	159
<i>Saprunova M.B., Akylbayev M., Shaldanbayev A. Sh.</i> About one way of protection of information transfer.....	164
<i>Smagulova L.A., Issayeva G.B.</i> Features of the learning technologies used in teaching programming.....	173
<i>Yeskaliyev M.Ye.</i> Boundary element method for the approximate solution of the problem caused by the action of a loaded element.....	180
<i>Mindetbayeva A.A., Musahanova M.A.</i> Creation of the of a software complex for extracurricular activities on informatics.....	187

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.physics-mathematics.kz>

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев, А.Е. Бейсебаева*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 01.02.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,4 п.л. Тираж 300. Заказ 1.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19